DIPLOMADOLGOZAT

Gombolai Dávid
Létesítménymérnök mesterszak

Gödöllő
2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Létesítménymérnök mesterszak

SZABÁSZATI ÜZEM ENERGETIKAI KORSZERŰSÍTÉSE

Készítette:	**Gombolai Dávid**
	SWEQ9U
	MSc, levelező tagozat
Konzulens:	Dr. Szabó Márta
	Egyetemi docens

Műszaki Intézet / Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Gödöllő

2023

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

MŰSZAKI INTÉZET LÉTESÍTMÉNYMÉRNÖK MESTERSZAK
Épületgépész specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Gombolai Dávid (SWEQ9U)

részére

A diplomadolgozat címe:

SZABÁSZATI ÜZEM ENERGETIKAI KORSZERŰSÍTÉSE

Feladatkiírás:

Egy magasminőségű bőr bútorokat gyártó üzem energetikai korszerűsítése, légtechnikai és fűtő-hűtő rendszerének megtervezése. A cél, hogy az üzem teljes mértékben függetlenedni tudjon a földgázzal való fűtéstől. A megtervezésre kerülő légtechnikai rendszernek igazodnia kell a meglévő technológiai elszívásokhoz.

Közreműködő tanszék: Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Külső konzulens: *Hivessy Géza, Okl. épületgépész tervező, Energetikai auditot, 9700 Szombathely, Somlay Artúr u. 18.*

Belső konzulens: Dr. Szabó Márta egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. május 2.

Gödöllő, 2023. 05.02.

Jóváhagyom		**Átvettem**
(tanszékvezető)	(szakfelelős)	(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023.05.02.

(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés, célkitűzés ... 8

2. Légtechnika szakirodalmi áttekintés ... 10

2.1. Szellőztetőrendszerek ipari alkalmazása ... 10

2.2. Légtechnikai rendszerek felépítése ... 12

2.3. A tartózkodási zóna követelményrendszere ... 13

2.4. Komfort terek klimatizásása ... 14

2.5. Ipari terek klimatizálása ... 15

2.6. Légvezetési rendszerek ... 17

2.6.1. Elárasztásos LVR ... 19

2.6.2. Hígításos LVR ... 19

2.6.3. Sugár LVR ... 20

2.6.4. Érintőleges LVR ... 21

2.6.5. Diffúz LVR ... 22

2.6.6. Mikroklíma LVR ... 23

2.6.7. Kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű LVR ... 23

2.7. Légkezelőberendezések felépítése ... 24

2.7.1. Ventilátorok ... 25

2.7.2. Légszűrő egységek ... 25

2.7.3. Légfűtő és hűtő egységek (Kaloriferek) ... 26

2.7.5. Hővisszanyerők ... 29

2.7.5.5. Regeneratív, forgódobos hővisszanyerő ... 33

2.7.6. Légnedvesítők ... 34

2.8. Hancsillapítók ... 36

2.9. Légcsatornák ... 36

2.10. A belső levegő minőségének értelmezése ... 37

2.10.1. A szagok és szennyezőanyagok érzékelése ... 41
2.10.2. Levegőszennyező anyagok ... 42
2.11. Ipari elszívóberendezések ... 43
3. Létesítmény ismertetése ... 45
4. Kiindulási alapadatok ... 46
5. A rendszer tervezési határai ... 47
6. Az elszívott levegő mennyiségének mérése ... 47
6.1. A mérés menete ... 48
7. Friss levegő igény meghatározása ... 49
7.1. A csarnok adatai: ... 50
7.1.1. A P21 Csarnok számított értékei: ... 51
7.2. Helyiség alapterülete alapján ... 51
7.3. Helyiségben tartózkodó létszám alapján ... 51
7.4. Szükséges szellőző levegő térfogatáram a komfortérzet alapján ... 52
7.5. Az épület által kibocsátott szennyezőanyag forráserősségének meghatározása ... 52
7.5.1. Teljes forráserősség a helyiségben ... 53
7.5.2. Megkövetelt levegő minősége ... 53
7.5.3. Külső levegő minőség meghatározás ... 53
7.5.4. Szellőzési hatásosság meghatározása ... 54
7.6. Frisslevegő igény meghatározása egészségügyi követelmények alapján ... 55
7.7. A szükséges frisslevegő mennyiség ... 58
7.8. Az üzem nedvességterhelésének meghatározása ... 59
7.8.1. Iránytényező meghatározása ... 60
7.9. Belső légállapotok meghatározása ... 60
7.9.1. Nyári légállapot ... 61
7.9.2. Téli légállapot meghatározása ... 61

Szellőzéssel bevitt hőmennyiségek meghatározása 62
8. A Kárpitozó üzem légvezetési rendszerének meghatározása 62
8.1. Az üzeme vonatkoztatott Archimedesi szám meghatározása 62
8.1.1. Archimedesi szám nyári esetben: 63
8.1.2. Archimedesi szám téli esetben: 63
8.2. Diffúz Légveztési rendszer 64
9. A légvezetési rendszer alapján anemosztátok kiválasztása 65
10. A huzat kritérium ellenőrzése 67
11. Légkezelő egység méretezése és kiválasztása 68
11.1. Keresztáramú hővisszanyerő 68
11.2. Keverőkamra 69
11.3. Ventilátor 70
11.4. Vizes fűtőegység/hűtőegység 70
11.5. Párásítás 71
11.6. A légkezelő kiválasztása 72
11.7. Ventilátor ellenőrzés 76
11.8. A hőtermelő kiválasztása 78
12. A légcsatorna hidraulikai méretezése 79
12.1. Légcsatorna szigetelés méretezése 83
12.2. VRF rendszerű fűtés-hűtés 84
12.2.1. A VRF rendszer működésének ismertetése: 85
12.2.2. A kiválasztott VRF rendszer 86
13. Műszaki leírás 88
14. Összefoglalás 89
Summary 90
Irodalomjegyzék 93

Mellékletek 95

1. Bevezetés, célkitűzés

Létesítménymérnök mester szakos diplomám témájául egy napjainkban aktuális probléma kidolgozását választottam. Egy szombathelyi székhelyű szabászati üzem fűtési és szellőztető rendszerének korszerűsítésének megtervezését. A 2022-es évben elszabaduló energia árak a legtöbb kis és nagyvállalkozót érzékenyen érintette. A tulajdonosoknak, üzemeltetőknek komoly fejtörést jelent kigazdálkodni a többszörösére növekvő villamos és gázszámlákat. Annak érdekében, hogy továbbra is hosszú távon nyereségesen tudjanak működni a vállalkozásoknak komolyan át kell gondolniuk mivel, hogyan és mennyit tudnak megtakarítani.

Dolgozatom kiindulási alappillére a 2022. júliusban hozott kormány döntés, miszerint a rezsicsökkentett energiaárak csak bizonyos fogyasztási értékig maradnak érvényben. A lakossági piaci energiahordozók árai a kormány által közzétett értékben vannak meghatározva. Villamos energiánál ez 2520 kWh/év határig a rezsicsökkentett 36 Ft/kWh, e fölött pedig a piaci ár 70,1 Ft/kWh áramdíjat kell fizetni. A gázárak tekintetében a drágulás sokkal drasztikusabb. 1729 m3/év fogyasztásig marad a kedvezményes 102 Ft/m3, az efeletti részre azonban 747 Ft/m3 gázdíjat kell fizetni. A vállalkozások tekintetében az energiahordozók költségei teljesen máshogy alakulnak. Jellemzően a tavaly kötött szerződések alapján kapják meg a számlákat a hazai cégek. Az aktuálisan fizetett villamosenergia-ár terén nagy a szórás az egyes vállalkozások között. Az átlag elektromos áram díja 78,6 Ft/kWh, viszont szerződéstől függően 18,6 és 361 Ft/kWh között bármilyen elektromos áram díjköltség fellelhető. A felmérés alapján az aktuális gázárak 395 Ft/m3 az átlag, de van olyan cég aki 1604 Ft/m3-ért kapja a gázt. Tehát látható, hogy a vállalkozásokat sokkal nagyobb mértékben súlythatja az energiaválság, mint a lakosságot.

Diplomamunkám elkészítése során célul tűztem ki egy magasminőségű bőrbútorokat gyártó üzemcsarnok fűtési és szellőztetési rendszerének megtervezését. Az üzemben jelenleg földgáz felhasználásával történik a fűtés. Az energetikai korszerűsítés célja, hogy az üzem teljes mértékben függetlenedni tudjon a földgázzal való fűtéstől. Erre a döntésre az elszabaduló energiaárak következtében jutott az üzem vezetősége. A feladat kidolgozása során, tehát egy földgázfelhasználástól független hőellátás kialakítása a cél, amit később ki lehet egészíteni napelemes rendszerrel. Munkám első felében tüzetesen körüljárom a mesterséges szellőztetés témakörét, különös figyelmet fordítva az ipari létesítmények szellőztetésére. Továbbá ismertetem a technológiai elszívások működését.

Munkám érdemi részében megvizsgálom a szellőztető rendszer tervezési határait nagyban befolyásoló technológiai elszívásokat, bemutatom az elvégzett légmennyiség mérés menetét és eredményét. Ezt követően meghatározom a létesítmény friss levegő igényét, különös figyelmet fordítva a belső levegő minőség és az egészségügyi követelmény alapján történő számításra, mivel káros anyag szabadul fel az üzem légterében. A friss levegő meghatározása az MSZ CR 1752 szabvány alapján készül. Ezt követően kiszámítom az üzem nedvességterhelését és meghatározom a belső légállapotokat. Ezek után meghatározom az üzem légvezetési rendszerét és kiválasztom az anemosztátokat. Ezt követően a rendszert ellenőrzöm huzatkritériumra. Elvégzem a légkezelő egység méretezését és kiválasztását. Kiválasztom a légkezelőt kiszolgáló hőtermelőt. Elkészítem a hőtermelő rendszer hidraulikai méretezését. Elvégzem a légtechnikai rendszer hidraulikai méretezését. Kiválasztom az üzem fűtését és hűtését biztosító VRF rendszert. Dolgozatom zárása képpen pedig elkészítem a rendszer tervezését.

Feladatom tehát egy ipari létesítmény energetikai korszerűsítése, a szükséges számítások és méretezések elvégzése, majd a légtechnikai és fűtő-hűtő rendszerének megtervezése.

2. Légtechnika szakirodalmi áttekintés

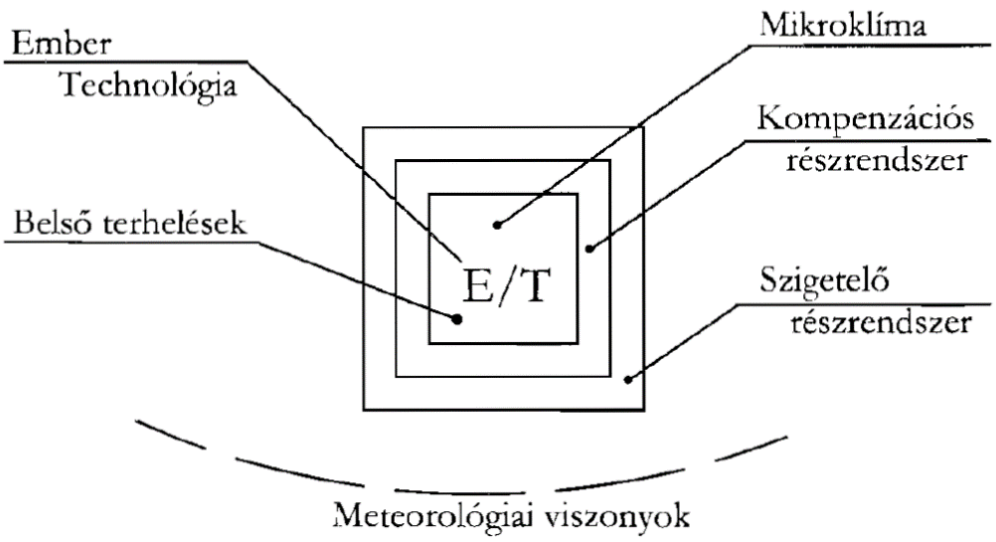
2.1. Szellőztetőrendszerek ipari alkalmazása

A szellőztető rendszerek napjainkra már állandóan jelen vannak a hétköznapi életünkben, anélkül, hogy szinte észrevennénk azokat. A korszerű, modern létesítményekben, csarnokokban nélkülözhetetlenné vált a légtechnika megléte és alkalmazása. A szellőztető rendszerek alkalmazásának egyik nagy előnye az energiaköltségek csökkentése. A költséghatékonyság mellett a másik fontos szerepe a megfelelő belső klíma biztosítása. A szellőztető rendszerek a friss levegő biztosítása mellett szabályozzák a belső tér hőmérsékletét, páratartalmát és ezáltal megakadályozzák a belső diszkomfort kialakulását. Eredményesen megakadályozzák az atkák és a penészgombák kialakulását és megtelepedését az épületben, ezáltal egy egészségesebb környezetet teremtve. A megfelelő szellőztetés kialakítása az épületek állagának megóvása szempontjából is nélkülözhetetlen. Amikor szellőzéstechnikáról beszélünk legtöbbször a hővisszanyerővel ellátott szellőztető rendszerekre gondolunk. Ezeknek a berendezéseknek az alapvető célja a gazdaságos működés. A kiépített rendszer ugyanis a létesítményből elszívott levegőt nem egyszerűen a szabadba juttatja, hanem az elhasználódott levegőnek a hőenergiáját visszanyerve felmelegíti a beszívott levegőt. Ez a gépi szellőztetés során végbement hőcsere elengedhetetlen a létesítmények gazdaságos és energiahatékony üzemeltetéséhez.

Az energiahatékonyság mellett ma már alapkövetelmény a létesítményben tartózkodó, dolgozó személyek komfortérzetének biztosítása. Főleg ipari létesítményeknél a gép szellőztetéssel bevitt levegő mennyisége igen jelentős lehet. Nagy légmennyiségeknél elengedhetetlen, hogy a befújt levegőt az ideális hőmérsékletre melegítsük, vagy éppen hűtsük. A megfelelően átgondolt és méretezett hővisszanyerős szellőztető rendszerek kellemes környezetet és komfortérzetet biztosítanak a bent tartózkodóknak. A légtechnikai rendszerek a költséghatékony szellőzést azoknál az ipari létesítményeknél is biztosítani tudják ahol, a nagy belmagasság miatt egyébként nehezen, vagy csak hatalmas hőveszteségek árán tudnák megoldani a szellőztetést. Az ipari létesítmények zárt környezetében lévő levegő sokszor rendkívül szennyezett, amit a munkavállalók sokszor nem is sejtenek. Érezzük, hogy a friss levegő, ezáltal az oxigén pótlása jelenti a megoldást, amit természetes úton az év túlnyomó többségében, legfőképpen télen lehetetlen megoldani. Beláthatjuk, hogy hővisszanyerős szellőztető rendszerek nélkül költséghatékonyan lehetetlen a mennyezet alatt összegyűlt meleg levegő visszajuttatása a komfortzónába. A légkezelő berendezések a légcserét a hőveszteség minimalizálásával oldja meg. A korszerű berendezések akár 90%-os hővisszanyerési

hatásfokkal is dolgozhatnak. Az épületgépészet jelenlegi ismeretei szerint nincs energiahatékonyabb megoldás ipari létesítmények légkezelésére. A nagy mértékű energiamegtakarítás mellett a szóban forgó rendszer eltávolítja a munkavégzés során keletkező párát, polleneket, baktériumokat és az ipari tevékenység során keletkezett káros anyagokat egyaránt.

Légtechnikai rendszereknek azokat a berendezéseket nevezzük, melyek működésük során tudatosan befolyásolják az embert és a technológiát körülvevő mikroklímát. Bizonyos szemszögből a légtechnika tulajdonképpen egy kiegyensúlyozó szerepet tölt be, a külső és belső hő, szennyezőanyag és nedvesség terhelések okozta eltérések és a mikroklíma stabilitása között. A modell központját az a környezet képezi, ahol az embert és/vagy a technológiát körülvevő mikroklíma található. A mikroklímán belüli légállapot határozza meg az emberek hőérzetét, illet ez befolyásolja a technológia megfelelő működését is. A mikroklímára zavaró hatásként a külső meteorológiai hatások és a belső terhelések hathatnak. Ezeket a zavaró hatásokat két rendszer képes csillapítani. A kültéri időjárási hatásokat az épület határoló szerkezetei, a belső nem kívánatos terheléseket pedig a légtechnika és a fűtéstechnika igyekszik mérsékelni. Ezeket a mérséklő hatásokat kompenzációs részrendszernek nevezzük. A légtechnikai rendszereket két nagy csoportba sorolhatjuk. Amennyiben az épületben a friss levegő ellátása a szélnyomás vagy hőmérsékletkülönbség hatására történik akkor természetes szellőzésről beszélünk. Minden egyéb esetben amikor a légcserét ventilátorokkal biztosítjuk mesterséges gépi szellőzésről beszélünk (Bánhidi-Homornay, 2000).

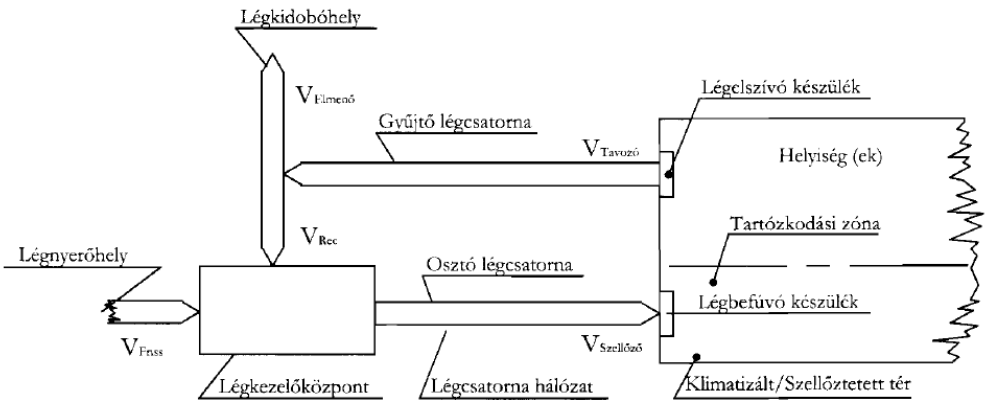


1. ábra A légtechnikai modell vázlata (Bánhidi-Homornay, 2000)

2.2. Légtechnikai rendszerek felépítése

A légtechnikai rendszerek 2 nagy fő egységből épülnek föl. Az egyik a klimatizált vagy más néven a szellőztetett tér. A másik pedig maga a légkezelő egység. A légkezelő egység magába foglalja a légkezelő központot és a légcsatorna hálózatot. A klimatizált tér legfontosabb egysége a tartózkodási zóna. Tartózkodási zónának azt a környezetet nevezzük, ahol az emberek helyet foglalnak vagy ahová a technológia telepítve van. A követelmények elsősorban ezekre a területekre vonatkoznak (Bánhidi-Homornay, 2000).

A klimatizált terek rendszerint befúvó és elszívó csatornákkal kapcsolódnak a légkezelő berendezésekhez. Osztó légcsatornának nevezzük azt a szakaszt amelyen a szellőző levegőt bejuttatjuk az épületbe és gyűjtő légcsatornának azt ahol a távozó levegőt elszállítjuk. Tehát a légcsatorna hálózat feladata a friss és kezelt levegő eljuttatása a klimatizált térbe, illetve az elhasznált levegő elszívása és kidobása. A légkezelő másik már korábban említett főegysége a légkezelő központ. Ez maga a légkezelő gép. Főbb feladatai a levegő igény szerinti kezelése. Ide tartozik a levegő szűrése, fűtés, hűtés, szárítás nedvesítés és ezek kombinációi. A légkezelő gép az egyik oldalról a külső térbe vezető légcsatornához, a másik oldalon a belső klimatizált térhez kapcsolódik, tehát egyfajta átmenetet képez és kapcsolatot biztosít kül és beltér között. Annak érdekében, hogy milyen belső klímát szeretnénk kialakítani a helyiségekben, eltérő felépítésű légkezelő gépekkel szolgálhatjuk azokat ki. A mesterséges szellőztetéssel kialakított terek a szerint változnak, milyen mikroklímás igényt kell kielégítenünk vele. A legfontosabb kérdések azok, hogy mekkora mennyiségű és minőségű hő, nedvesség, szennyező anyag és szagterhelés szabadul fel a berlső térben. A légkezelő berendezés ezeket a terheléseket hivatott elszállítani és tiszta friss levegőt juttatni a helyére (Bánhidi-Homornay, 2000).



2. ábra: Klímatizált tér modellje (Bánhidi-Homornay, 2000)

2.3. A tartózkodási zóna követelményrendszere

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a szellőzéstechnikai rendszereket emberi igények kielégítési céljából vagy valamilyen technológiai igény kielégítésének céljából használjuk. Mind a kettő előbb említett igény kielégítésének céljából elvárt, hogy legyen egy előírt vagy meghatározott légállapot amit a rendszerrel biztosítani kell. Az kívánt és előírt légállapotot a rendszer megfelelő méretezésével és tervezésével tudjuk elérni. A tervezés során az alábbi három lépést célszerű elvégezni. A lent felsorolt 3 szempontot értjük a zárt terek légtechnikai méretezése alatt.

- A helyiség követelményrendszerének meghatározása
- Szellőző levegő térfogatának meghatározása
- Légvezetési rendszer meghatározása (LVR)

A tervezés során kettő további tényezőt fontos még megvizsgálni.

- A tervezett rendszer várható beruházási költsége
- A légtechnikai rendszer üzemeltetési költsége

A helyiség követelményrendszerének meghatározása nagy mértékben meghatározza a tervezett beruházási költséget és az üzemeltetési költséget egyaránt. A követelmények pedig nagy mértéken függnek attól, hogy milyen teret szeretnénk szellőztetni és friss levegővel ellátni. Megkülönböztetünk ipari vagy technikai szellőzéstechnikát. és humán vagy komfort szellőzéstechnikát (Bánhidi-Homornay, 2000).

A humán szellőzéstechnika célja, hogy olyan belső levegőkörnyezetet hozzon létre a helyiség tartózkodási zónájában, hogy az ott tartózkodó embereknek kellemes érzést biztosítson. Ezeknek a tereknek a méretezése során fontos szempontok a hőtechnikai paraméterek, az ember fiziológiája, az emberek alkalmazkodó képessége a hőkörnyezethez. A túlzott mértékű követelmények és igények nagyon magas bekerülési és üzemeltetési költséget vonhatnak maguk után. Ezzel szemben a túl alacsony igényűre tervezett terek a rendszer megfelelő működésének alkalmatlanságát idézheti elő (Bánhidi-Homornay, 2000).

Ipari jellegű terek szellőztetésekor a technológiai folyamat számára legideálisabb mikroklíma létrehozása a cél. Az ilyen szellőzéstechnikai rendszereknél nagyobb hangsúlyt kapnak az egészségügyi és környezetszennyezési szempontok is. Például a mikroelektronikai iparban nagy tisztaságú tereket alkalmaznak (Bánhidi-Homornay, 2000).

2.4. Komfort terek klimatizásása

Az embert érő különféle hatások szubjektív érzést váltanak ki. Ezek a hatások lehetnek gazdasági, társadalmi, fizikai, egészségügyi, érzelmi, mentális stb. Ezek a tényezőknek a hatására alakul ki az emberekben a jó vagy rossz közérzet érzése. A zárt terekben való tartózkodás során a fizikai és érzelmi hatások dominálnak és előtérbe kerülnek. Ilyen hatások a környező felületek hősugárzása, légmozgás (huzat), bezártság érzés, zajhatások. Az ember komfortérzetét az előbbiekben felsorolt hatások befolyásolják zárt terekben. A komfortérzetet befolyásoló tényezőket logikusan három rendszertani csoportba oszthatjuk (Bánhidi-Homornay, 2000).

1. <u>Az emberre jellemző hatások:</u>
- Tevékenység , aktivitás, ruházat, kor, nemek, tartózkodási idő. pszichés állapot, egészségügyi állapot.
2. <u>Helyiség jellemzői:</u>
- Helyiség kialakítása, méretek, beépítetség, felületi hőmérsékletek, hőterhelés, nedvesség terhelés, szagterhelés, megvilágítás, zajterhelés,
3. <u>Szellőzéstechnikai rendszerek jellemzői:</u>
- Légállapotok, áramlási sebességek, légmennyiségek, friss levegő mennyiség

Az ember aktivitása és a tevékenység amit éppen végez szoros összefüggésben van a hő és nedvességleadásra, a ruházat szigetelő képessége pedig szoros összefüggésben van a hőkomfort érzéssel. A különböző tényezők eltérő intenzitással hatnak az emberre. Ami az egyik ember számára kellemes komfort érzetet biztosít az a másik ember számára diszkomfortos lehet. A komfortelméletben ezért bevezettek egy ún. elégedetlenségi mutatót, amely azt fejezi ki hogy a bent tartózkodó személyek közül hányan lesznek elégedetlenek a belső környezettel és mikroklímával. A tartózkodási zónára előírt követelményekben meghatározó szerepet kap ez a mutatószám. A követelményrendszerben az egyes helyiségeket három minődési osztályba is sorolják. Megkülönböztetünk A, B és C kategóriát. Az „A” kategória a legmagasabb követelményeknek megfelelő minősítés, „B” közepe és „C” alacsony kategória. A

komforttartományt az ember érzékelése szempontjából három csoportra osztjuk. Komfort terek méretezésénél és tervezésénél az alábbi szempontokat kell figyelembe venni (Bánhidi-Homornay, 2000).

1. Hő és huzat komforttartománya
2. Belső levegő minőség komforttartománya
3. Egyéb komforttartományok: Akusztikai, Vizuális

2.5. Ipari terek klimatizálása

A következőkben fontosnak tartom részletezni az ipari terek tartózkodási zónáira vonatkozó követelményeket. Az ipari terek szellőztetésének kialakításakor több igény kielégítésének egyszerre kell teljesülnie. Egyrészt a kialakított belső mikroklímának ki kell szolgálni a technológiai folyamatot. Másrészt a tartózkodási zónát úgy kell kialakítani, hogy az ott dolgozó emberek komfortérzete is megfelelő legyen (Bánhidi-Homornay, 2000).

A technológiát kiszolgáló légtechnika mindig speciális igényeket elégít ki. Általánosan nem fogalmazhatók meg ezek a követelmények. Más mikroklímájú környezetet kell kialakítani például egy elektrotechnikai gyártócsarnokban, egy kohászati üzemben, egy élelmiszeripari üzemben stb. Minden technológiának meg vannak a saját igényei. Egyedi specifikus hőmérséklet tartás, páratatalom szabályozás, friss levegő arány, befújt levegő szűrési fokozatai stb (Bánhidi-Homornay, 2000).

Az ipari egységekben az embereket kiszolgáló légtechnikával már más a helyzet. Ezeknél igaz az előző fejezetben ismertetett komfort feltételek biztosítása. Bizonyos technológiai folyamatok során levegőszennyező anyagok kerülnek a légtérbe. A légszennyező anyagokat egy meghatározott koncentráció alatt kell tartani, mivel légszennyező és egészségkárosító hatásuk van. Ezzel veszélyt jelentenek az ott tartózkodó személyekre. A légszennyező anyagokra vonatkozó határértékek és nemzetközi szabványok, előírások rögzítik (Bánhidi-Homornay, 2000).

„A szennyező anyag koncentrációja alatt a tartózkodási zóna levegőjének térfogategységében lévő szennyezőanyag tömegét értjük. Mértékegysége: [kg/m3], [mg/m3] (Bánhidi-Homornay, 2000).

Zárt terekben a szennyezőanyagok kipárolgása vagy felszabadulása időben és intenzitásban nem állandó. Ezért az előírások különböző koncentráció értékeket adnak meg.

- Általános koncentráció (ÁK): Zárt térben megengedett átlagkoncentráció egy műszakra nézve.
- Legnagyobb koncentráció (MK): Zárt térben megengedett maximális koncentráció egy műszakra nézve.
- Csúcskoncentráció (CK): Zárt térben megengedett legnagyobb koncentráció 30perc/ műszak időintervallumra nézve.

A megengedett koncentráció a légszennyező anyagok olyan határértéken való tartása, hogy az ott tartózkodó személyek élete során, heti 40 órás munkaidőre nézve sem átmeneti, sem pedig maradandó károsodásban nem részesül. A légszennyező anyagok szilárd (por, korom) és gáz vagy gőz halmazállapotúak lehetnek. A gáz és gőz halmazállapotú szennyező anyagok toxikus és veszélyességi hatásuk alapján sorolták osztályokba. Mind a kettő osztályt a hatásuk alapján négy részre osztják (Bánhidi-Homornay, 2000).

1. táblázat: Szennyező anyagok veszélyességi osztálya

Toxikus osztály:	**Veszélyességi osztály**
M-I. erős méreg;	V-A kifejezetten veszélyes;
M-II. méreg;	V-B veszélyes;
M-III. gyenge méreg;	V-C mérsékelten veszélyes;
M-IV. nem mérgező	V-D nem veszélyes;

A munkahelyi tartózkodási zóna egészségügyi követelményeit táblázatos formában rögzítik az előírások.

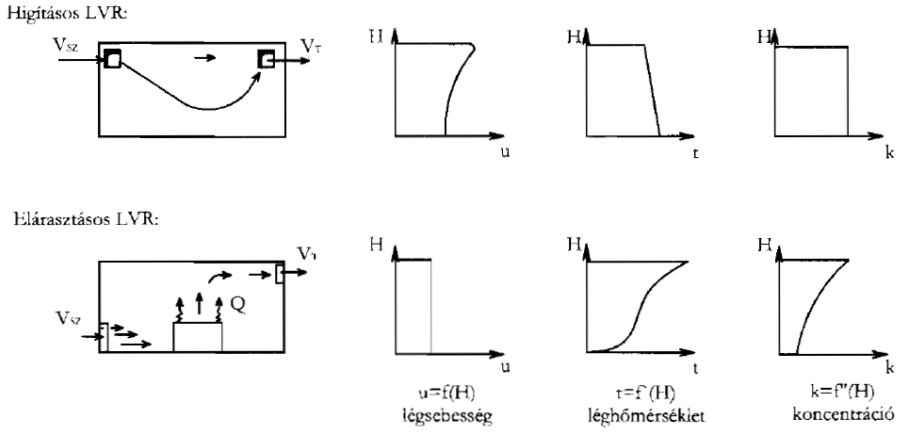
2. táblázat: Munkahelyi egészségügyi követelmények

Szennyező anyag	Képlet	Osztályok		Megengedett határértékek mg/m³		
		toxikus	veszélyességi	ÁK	CK	MK
ACETALDEHID	CH_3CHO	M-II	V-A	–	–	25
ACETOFENON	$C_6H_5COCH_3$	M-II	V-B	15	30	–
ACETON	CH_3COCH_3	M-III	V-C	600	1200	–
AMMÓNIA	NH_3	M-II	V-A	18	27	–
ALKOHOL(METIL)	CH_3OH	M-II	V-B	50	100	–
ALUMÍNIUM GŐZ	AL	M-II	V-A	–	–	5

2.6. Légvezetési rendszerek

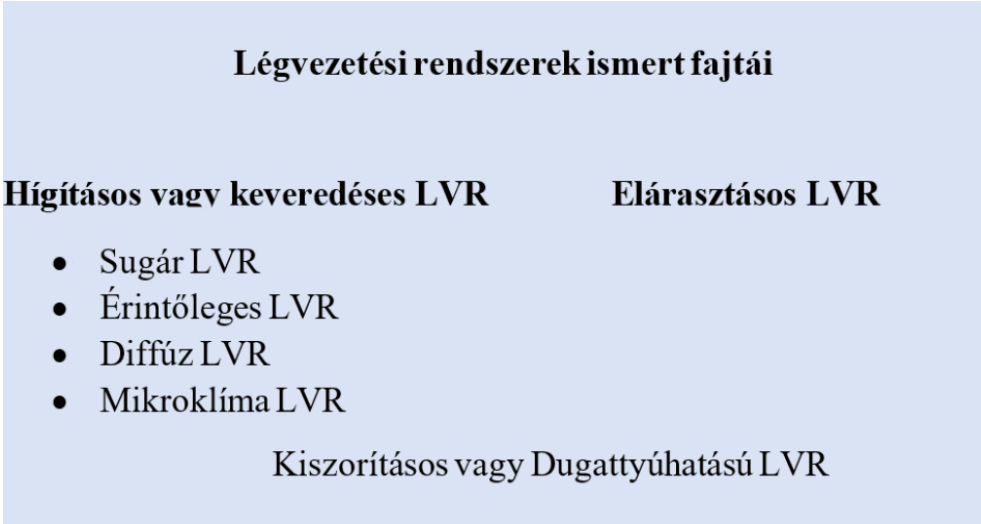
Az épületek zárt helyiségeinek mikroklímája a külső és belső terhelések hatására megváltozik. Ahogyan a korábbi fejezetekben is említettem, terhelésnek a zárt térben felszabaduló hő, nedvesség és szennyezőanyag terhelést értjük. Légtechnikai rendszer tervezése során az a cél, hogy olyan légállapotú (hőmérséklet, nedvességtartalom) és térfogatáramú szellőző levegőt hozzunk létre, amellyel eltávolíthatók az ott keletkezett hő, nedvesség és szennyezőanyag terhelések és ezzel párhuzamosan a tartózkodási zónában olyan mikroklímát biztosítunk, hogy az ott tartózkodó emberekből kellemes hőérzetet váltson ki (Bánhidi-Homornay, 2000).

A légvezetékeken bevezetett kezelt levegő impulzusa a helyiség levegőjét mozgásba hozza. Kialakulnak a bevezetett levegő közvetlen közelében elsődleges ún. primer levegőmozgások, melyek létrehozzák a másodlagos vagy más néven szekunder légáramokat. Ezeket a primer és szekunder légáramokat a szakmában gyűjtő néven légvezetési rendszernek nevezzük. Rövidítése a szakirodalmakban: „LVR”. A légvezetési rendszerek két nagy csoportját különböztetjük meg. Az első az elárasztásos LVR, és a másik a hígításos LVR. A tartózkodsási zónában létrejött szennyező anyag koncentráció szemszögéből érdemes megvizsgálni ezt a két csoportot. Az alábbi ábrán a kettő légvezetési rendszert láthatjuk (Bánhidi-Homornay, 2000).



3. ábra: Légvezetési rendszerek összehasonlítása (Bánhidi-Homornay, 2000)

A három fő paramétert a légsebesség, hőmérséklet és szennyezőanyag koncentráció van ábrázolva a függőleges eloszlás függvényében. Az elárasztásos légvezetési rendszernél a szellőző levegő csak kis mértékben keveredik a helyiség levegőjével és így éri el a tartózkodási zónát. Ennek előnye, hogy nagyobb százalékban teszi ki friss levegő a tartózkodási zónát és a felfelé mozgó légáram hatására a szennyező anyagokat is elszállítja. Ezzel szemben a hígításos légvezetési rendszernél a szellőző levegő nagy impulzussal érkezik a helyiségben és itt elkeveredik a levegővel és lelassul. A tartózkodási zónába már ez az elkeveredett levegő érkezik. Láthatjuk, hogy éppen ebből adódóan az ilyen légvezetési rendszereknél a tartózkodási zónában magasabb a szennyezőanyag koncentráció. Beláthatjuk, hogy elárasztásos rendszrnél a termikus erő felelős levegőáram mozgásáért. Hígításos rendszernél a tehetetlenségi erők a meghatározók (Magyar Tamás, 2017).



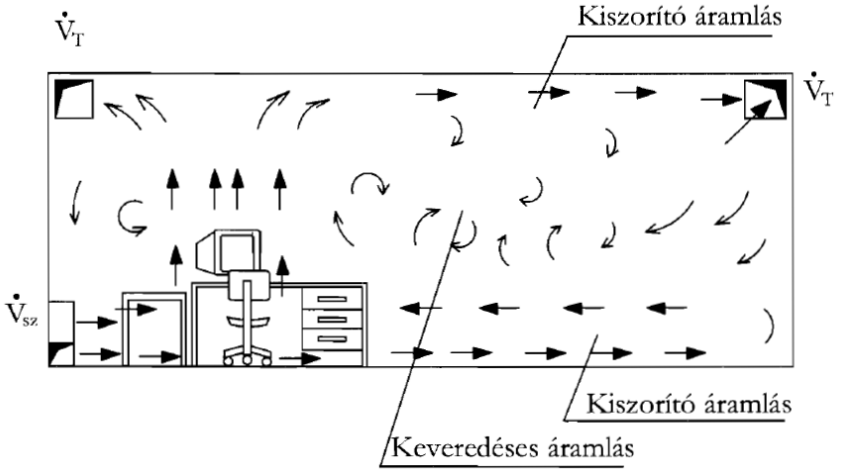
4. ábra: Légvezetési rendszerek fajtái (Magyar Tamás, 2017)

A tervezés során a légvezetési rendszer kiválasztását két fontos döntés befolyásolja. Az első ilyen tényező amit át kell gondolnunk, hogy az átöblítéssel milyen célt kívánunk elérni. Itt azt kell meghatározni, hogy például: szennyezőanyagokat szeretnénk eltávolítani a légtérből, vagy

hőt és nedvességet elszállítani, esetleg az ott tartózkodók kedvező hőérzetét szeretnénk biztosítani stb. A másik fontos dolog amit át kell gondolni, hogy milyen nagyságrendű a helyiség hő és nedvességterhelése és ennek mérten kiválasztani a megfelelő rendszert (Magyar Tamás, 2017).

2.6.1. Elárasztásos LVR

Az elárasztásos LVR működésé abból áll, hogy a padló síkjához közel bevezetett hűvösebb levegő rétegesen elfoglalja a helyiség alsó harmadát. Itt a hideg levegő a nagyobb fajsúlya miatt egy réteges, kiszorító áramlás alakul ki. A tartózkodási zóna elhasznált levegőjét felfelé szorítja a szellőző levegő. A helyiségben lévő hőforrások (emberek, gépek, világítás stb.) leadott hőmennyisége folytán felfelé irányú légmozgás alakul ki. Ez a termikus erő lényegesen nagyobb térfogatáramot indít meg, mint a szellőző levegő mennyisége. Mivel a szellőző térfogatárama közel megegyezik a távozó levegő térfogatáramával, ezért a kontinuitás törvénye szerint a helyiség középső harmadában visszaáramlások jönnek létre. Így a térben kialakul egy alsó és felső kényszer áramlás ás egy középső keveredési zóna. A mennyezet alatt kialakuló kiszorító, réteges légáramlás a távozó levegőt a légelvezető szerkezet felé nyomja. Elárasztásos LVR-t előszeretetten alkalmaznak nagy területű üzemekben és ipari létesítményekben is. Huzatmentes átöblítést biztosít és elszállítja a szennyező anyagokat a tartózkodási zónából (Magyar Tamás, 2017).



3. ábra: Elárasztásos LVR (Magyar Tamás, 2017)

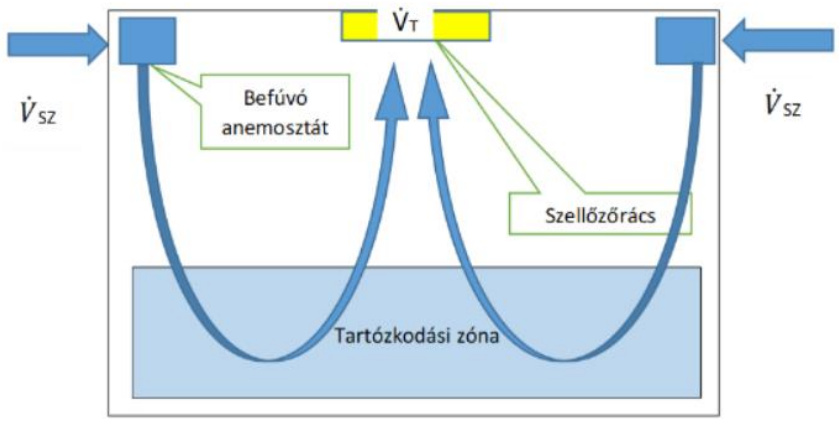
2.6.2. Hígításos LVR

A hígításos légvezetési rendszereken belül öt különböző fajtát különböztetünk meg a légáramokat mozgató erők alapján (Magyar Tamás, 2017).

- Sugár LVR
- Érintőleges LVR
- Diffúz LVR
- Mikroklíma LVR
- Kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű

2.6.3. Sugár LVR

Légsugár légvezetési rendszer esetén a szellőző levegő fúvókákból vagy ahhoz hasonló kialakítású anemosztátokból áramlik a helyiségbe. Az egyes anemosztátokból nagy térfogatárammal áramlik a levegő. Alapvetően ipari csarnokban, sportlétesítményekben és nagy belmagasságú (H>3,5 m) helyiségekben alkalmazzák ezt a fajta légvezetési rendszert (Magyar Tamás, 2017).



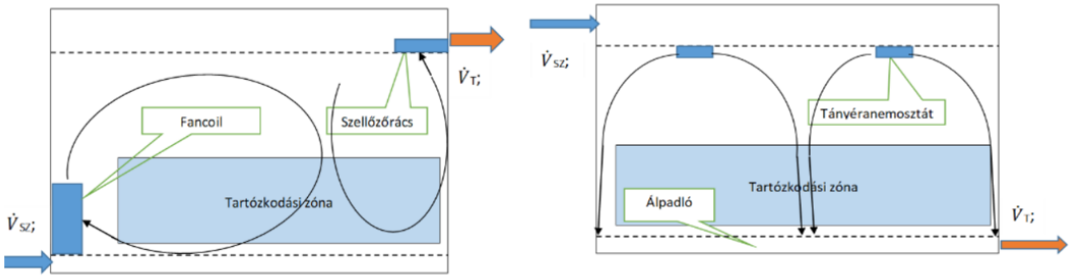
4. ábra: Sugár LVR (Magyar Tamás, 2017)

A sugár LVR fő jellemzői:

1. A primer áramlás meghatározó a tartózkodási zónában, nem kényes a gravitációs, felhajtóerőkből származó kereszteffektusokra.
2. Levegő bevezetés a pontszerű befúvókból.
3. A primer áramlás nem érzékeny a gravitációs felhajtóerőből származó zavaró tényeőkre.

2.6.4. Érintőleges LVR

Főleg irodákban és alacsony belmagasságú helyiségekben (H<3 m) alkalmazzák. Az érintőleges légvezetési rendszer esetén a levegőt a helyiség határoló fala vagy másik légsugár áramlása mentén vezetjük be. A falsík mentén fellép az úgynevezett Coanda-effektus, emiatt a levegő a falsíkra tapad. A második esetben, egy másik levegősugár határa mentén kialakuló áramlás ad biztos irányt a szellőző levegőnek Olyan helyiségekben szokták alkalmazni, ahol álmennyezetet alakítottak ki pl. szállodai szobák, irodák, konferencia termek (Magyar Tamás, 2017).



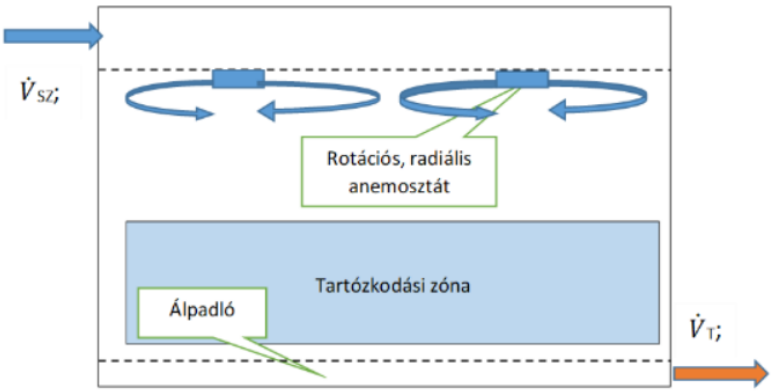
5. ábra: Érintőleges LVR (Magyar Tamás, 2017)

Érintőleges LVR fő jellemzői

1. A szellőző levegő bevezetése általában falsík mellett történik.
2. A levegőbevezető szerkezet lehet fali anemosztát, mennyezeti anemosztát, résbefúvó vagy indukciós klímakonvektor.
3. Ablak felett vagy alatt bevezetve megóvja az ablakot a párásodástól.
4. Klimatizált tér feloszlik primer és szekunder áramlás tereire
5. Primer áramlás a helyiség határoló fala vagy másik légsugár áramlása mentén jön létre. Míg a szekunder áramlás a helyiség közepén jelentkezik, huzat szempontjából nem jelentős sebességgel
6. Rövidre zárásra érzékeny, tehát ha a szellőző levegő rögtön elszívásra kerül, akkor nem, vagy csak minimális mértékben keveredik a helyiség levegőjével

2.6.5. Diffúz LVR

A diffúz légvezetési rendszer lényege, hogy a tartózkodási zónába vagy közvetlen közelébe erősen induktív módon vezeti be a szellőző levegőt. A szellőző levegő sebessége jelentősen lecsökken a helyiség levegőjével való keveredés közben, így a tartózkodási zónában huzatjelenség nem tapasztalható. Így a hőérzet a kritikus helyeken egyenletes, „diffúz" légmozgás figyelhető meg. Az elnevezése is innen ered. Ezzel a légvezetési rendszerrel optimális viszonyok valósíthatók meg a helyiségben (Magyar Tamás, 2017).



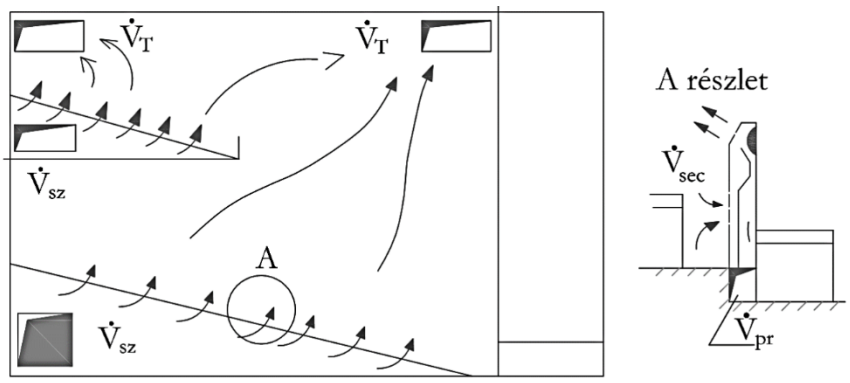
6. ábra: Diffúz LVR (Magyar Tamás, 2017)

Diffúz LVR fő jellemzői

1. A szellőzőlevegő nagy indukcióval lép be a helyiségbe.
2. A szellőző levegő és a helyiség levegője között akár 15 °C hőmérsékletkülönbség is kivitelezhető.
3. A tartózkodási zóna homogén intenzitású, légbevezető szerkezetek: rotációs anemosztátok, radiális-rotációs anemosztát vagy fúvókacsoport.

2.6.6. Mikroklíma LVR

Mikroklíma légvezetési rendszerről akkor beszélünk, ha a szellőző levegőt közvetlenül a tartózkodási zónába juttatjuk be azzal a céllal, hogy ott kedvező mikroklíma paramétereket hozzunk létre. Kiépítése bonyolult és költséges ezért csak igényes komfort szintű helyiségekben alkalmazzák (pl. színháztermek, koncerttermek, előadótermek vagy magas komfortú irodák) A primer levegő a helyiség levegőjével keveredve lép be közvetlenül a tartózkodási zónába. A levegő indukciós anemosztátokon keresztül kerül bevezetésre. Csak a tartózkodási zónát klímatízáljuk, ezért kisebb a levegő térfogatárama. Biztosítja a tartózkodási zóna homogén légállapotát, minimális a hőmérséklet rétegződés. Üzemeltetése energiatakarékosabb, mint a hagyományos rendszereknek (Magyar Tamás, 2017).



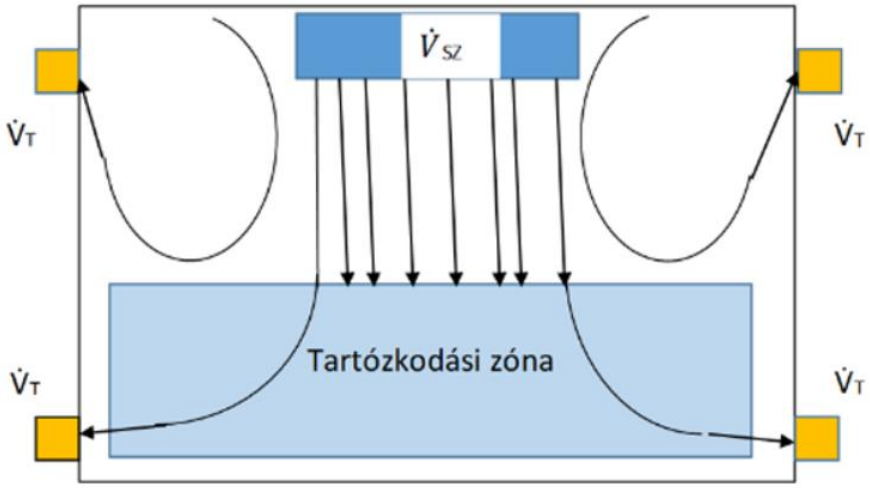
7. ábra: Mikloklíma LVR (Magyar Tamás, 2017)

2.6.7. Kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű LVR

Kiszorításos vagy dugattyúhatás-szerű légvezetési rendszerről akkor beszélünk, ha a rendszer turbulenciaszegény, keresztáramlásoktól mentes és a légáram tehetetlenségi erői nagyobbak a gravitációs áramlási erőnél. A helyiség átöblítése lehet vertikális és horizontális is. Jellemzője, hogy nagy térfogatáramú szellőző levegőt, nagy felületen juttatunk be a helyiségbe, alacsony levegő sebességgel. A levegő impulzusa annyira nagy, hogy a térben réteges kiszorító áramlást hoz létre. Alkalmazása nagy tisztaságú és steril munkakörnyezetet igénylő terekben pl. műtők, tisztaterek, számítógépközpontok, gyógyszergyártó üzemek (Magyar Tamás, 2017).

Dugattyúhatású LVR fő jellemzői:

1. Nagy felületen történik a szellőző levegő beáramlása.
2. Stabil horizontális vagy vertikális légáram, 0,2-0,4 m/s átlagsebességgel.
3. Nagy légcsereszám, 200-600 l/h



8. ábra: Dugattyú hatású LVR (Magyar Tamás, 2017)

2.7. Légkezelőberendezések felépítése

A szellőzéstechnikai rendszerek másik fontos eleme a légkezelő berendezés. Ennek a berendezésnek a feladata a szellőző levegő kezelése, tehát fűtése, hűtése, szárítása, nedvesítése azért, hogy a megfelelő légállapotot biztosítsa. Ezzel párhuzamosan a távozó levegő kezelése, elszállítása és adott esetben visszakeverése is a légkezelő berendezés feladata (Kajtár-Kassai, 2017).

A légkezelő berendezés a következő elemekből épülnek föl:

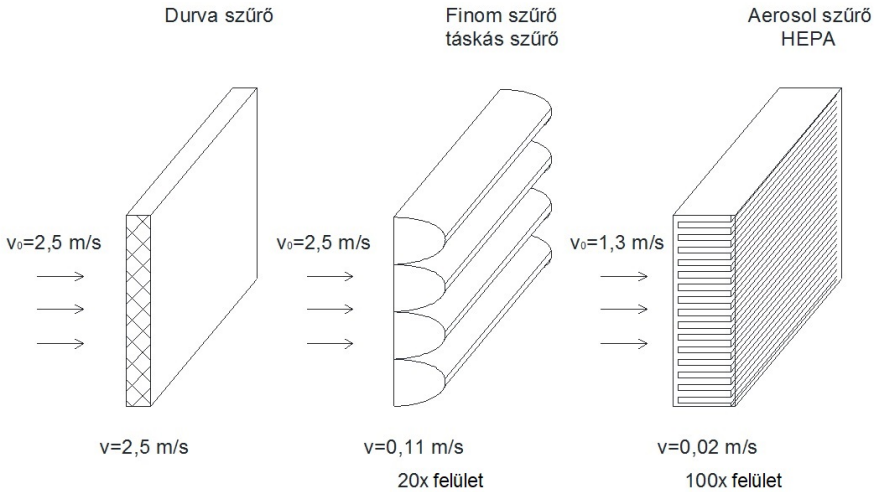
- ventilátorok
- légszűrőegység
- légfűtő egységek (kalorifer, hőcserélők)
- felületi hűtők
- hővisszanyerő egység
- hangcsillapítók
- légnedvesítő egység
- zsaluszerkezetek, beavatkozók
- folyadékhűtő berendezés
- elektromos kapcsoló berendezések
- hőközponti elemek

2.7.1. Ventilátorok

A légkezelő gépek több rendszerelemből épülnek fel, ezek közül a legfontosabb a ventilátor. Ennek az elemnek a levegő mozgatása a feladata. Megkülönböztetünk befújó és elszívó ventilátort. A ventilátorok olyan áramlást előidéző gépek, melyek a levegőt általában a kisebb nyomású tér felől a nagyobb nyomású tér felé szállítják. Tehát ezek a berendezések generálják a kívánt térfogatáramot a létrejövő nyomáskülönbség ellenébe. Az épületgépészeti gyakorlatban a direkt hajtású, fordulatszám-szabályozott ventilátorok terjedtek el. A direkt hajtás kiküszöböli a szíjhajtás veszteségeit. A fordulatszám-szabályzás miatt pedig a ventilátor csak annyi energiát vesz fel, amennyire szüksége van, ez lényegesen jobb hatásfokot eredményez részüzemben, mintha fojtással szabályoznánk. A ventilátorok a felépítésük és a levegőszállítás módja szerint lehetnek radiális, axiális és keresztáramú (Marcsó, 2010).

2.7.2. Légszűrő egységek

A megfelelő levegő minőség biztosításához lényeges, hogy a kültéri levegőből kiszűrjük a porszennyeződéseket, ezt a feladatot látják el a szűrők. A leválasztott porszemcsék mérete alapján beszélhetünk durva és finom porszűrőkről. A komfort berendezésekben első fokozatként durva porszűrőt, második fokozatként finom porszűrőt építenek be. Harmadik fokozatra tisztatér klímaberendezéseknél van szükség, itt HEPA és ULPA szűrési fokozatokat is használhatnak. A szerkezeti kialakítás szerint beszélhetünk sík, ferde, táskás és rollband szűrőkről. A porszűrők mellett elérhető aerosol szűrők, amik a levegőben található mikróorganizmusokat szűrik ki (Marcsó, 2010).



9. ábra: Légszűrők típusai (Kajtár-Kassai, 2017)

A természetes levegőben előforduló porszemcsék átmérője 0,001 és 500 mikrométer között változik. A por koncentrációja a levegőben k=0,05…3 mg/mA természetes levegőben előforduló porszemcsék átmérője 0,001 és 500 mikrométer között változik. A por koncentrációja a levegőben k=0,05…3 mg/m^3 .A hagyományos táskás és panel szűrők 10-20 mg/m^3 porterhelésig gazdaságos használni. Ennél nagyobb porterhelésnél a szűrők nagyon rövid idő alatt elkoszolódnak és cserére szorulnak. A 20 mg/m^3 porterhelést meghaladó helyiség levegő elszívásához úgynevezett portalanító ciklonokat szoktak használni. Ezeknél a berendezéseknél a centrifugális erő hatására, a porszemcsék a tehetetlenségükből adódóan válnak ki a levegőből (Marcsó,2010).

Fontos, hogy a szűrőket a poráttörés bekövetkezte előtt cserélni kell. A szűrők cseréjére az elkoszolódás és eltömődés miatt bekövetkező nyomásveszteségből lehet tudni. Ezt a nyomásveszteséget a légkezelő gépek automatikája méri egy nyomástávadón keresztül és jelez, hogy már szükséges a csere. A szűrő gyártók jellemzően megadják a szűrőkonstrukcióhoz tartozó térfogatáram-szűrőellenállás diagramot. Általánosan vett szűrő csere periódusokat az alábbi táblázat szemlélteti (Marcsó,2010).

Szűrő minőség	Nyomásveszteség [Pa]		Tartamidő**
	Kezdeti*	Max.	
Durvaszűrő	30-50	280-300	1-6 hónap
Finomszűrő	50-150	300-500	6-9 hónap
Lebegőanyag szűrő	100-250	600-1500	1-4 év

** 2-3 m/s homloksebesség mellett.*
*** Normál levegő porterhelés, 8 óra/nap üzemidő, a szűrőre vezetett névleges térfogatáram esetén.*

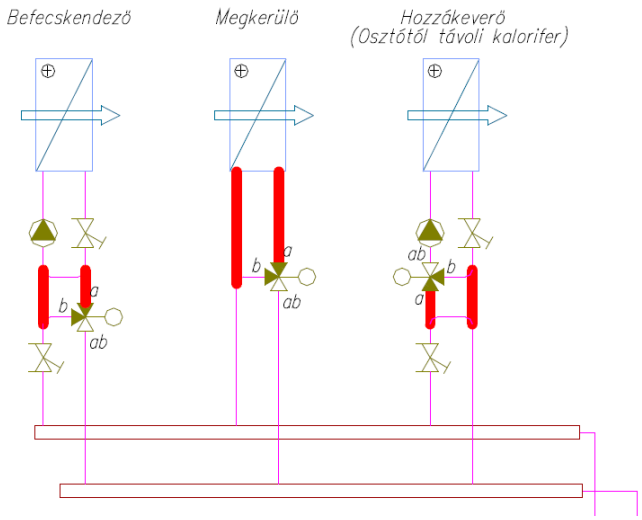
10. ábra: Szűrő csere periódus (Kajtár-Kassai, 2017)

2.7.3. Légfűtő és hűtő egységek (Kaloriferek)

A légkezelőben található kalorifer feladata a friss levegő felfűtése, míg a felületi hűtőé annak lehűtése a kívánt hőmérsékletre. Ezekben a levegő bordás csövek körül áramlik. A bordázat célja, hogy a hőátadó felületet növelje. A bordás csövek két elosztó elem közé vannak behegesztve – soros vagy párhuzamos elrendezésben. A hőátadó felület vasból, alumíniumból vagy rézből készülhet. A berendezés működését leíró fizikai modell: a hőátvitel keresztáramlás esetén. Az eredő hőátbocsátási tényezőt a szerkezeti kialakítás mellet az áramlás jellege határozza meg. A levegő oldali hőátadási tényező legalább egy nagyságrenddel rosszabb (α_k =

20 − 60 W/m^{2}K), mint a belső oldali. Víz fűtőközeg alkalmazása esetén lamináris áramlásnál 10^{2}W/m^{2}K, turbulens áramlásnál 10^{3}W/m^{2}K, gőz kondenzáció esetén pedig 10^4 W/m^{2}K nagyságrendű a belső oldali hőátadási tényező. A külső oldal meghatározó jellege miatt, az eredő hőátbocsátási tényező közelítőleg a külső oldal hőátadási tényezőjével azonos. A kaloriferek és felületi hűtők tervezése során a gyártó vállalatok - elsősorban mérési eredmények alapján kidolgozott – méretezési diagramjait és módszereit ajánlott használni. A kalorifereknél megengedett homlokfelületre vonatkozó légsebesség 2,5 – 5 m/s-ig. A jó hőátadáshoz elengedhetetlen a turbulens áramlás, Re>2320 érték teljesüljön (Marcsó,2010).

Melegvíz használata esetén állandó hőmérsékletű vízre van szükségünk, ezek többnyire gázkazán használata esetén 60/40, hőszivattyú használata esetén 45/40-es hőfoklépcsőt jelent. A fűtési rendszerek időjáráskövető, előszabályozott fűtési rendszere a légkezelőkhöz nem megfelelő. A fűtési teljesítmény szabályozás háromjáratú szabályozó szeleppel, a megfelelő kapcsolás alkalmazásával lehetséges. Fűtési kalorifer esetén a leggyakrabban alkalmazott kapcsolás a befecskendező. Ez egy minőségi szabályozást tesz lehetővé. A kalorifer előtti szivattyú állandó tömegáramot tart a körön és keverőszelep a megfelelő mennyiségű melegvizet adagolja hozzá. A hőtermelő meghibásodása esetén, a szivattyú mozgásban tartja a közeget, ezáltal megvédve azt a szétfagyástól (Marcsó,2010).

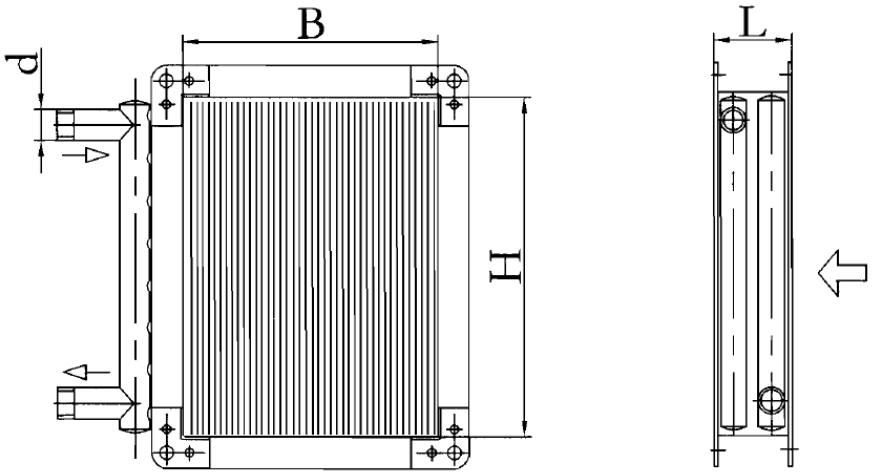


11. ábra: Kalerifer kapcsolások 3 járatú szabályozó szeleppel (Marcsó, 2010)

A kalorifer után fagyvédelmi termosztátot kell beépíteni. A termosztát kapilláris érzékelője 6 méter hosszú és a hőcserélő felületével párhuzamosan végig van vezetve a felületén. Erre azért van szükség, mert a felületen bárhol elindulhat a deresedés. Amennyiben a kapilláris cső teljes hosszának bármely 30 cm széles szakaszán a hőmérséklet 5°C alá esik, akkor a fagyvédelem bekapcsol. A termosztát jelére a ventilátorok leállnak, a fagyvédelmi zsaluk zárnak, fűtési

szivattyú indul, fűtési szabályozó szelep nyit, felügyeleti központba jelzést küld. A fagyvédelmi termosztát reteszelten működik, csak kézi beavatkozással kapcsolható vissza, miután a kiváltó okot megszüntették (Marcsó,2010).

A kaloriferek hőforrása lehet hőszivattyú, elektromos melegítő vagy gázkazán. A felületi hűtőt hőszivattyú vagy folyadékhűtő szolgálja ki. A direkt hűtésű klíma rendszernél a hideg hőleadó felület közvetlenül a légkezelőbe van beépítve, ezáltal kisebb a hőveszteség, mint a folyadékhűtőknél, ahol közvetítő közegre van szükség (Marcsó,2010).

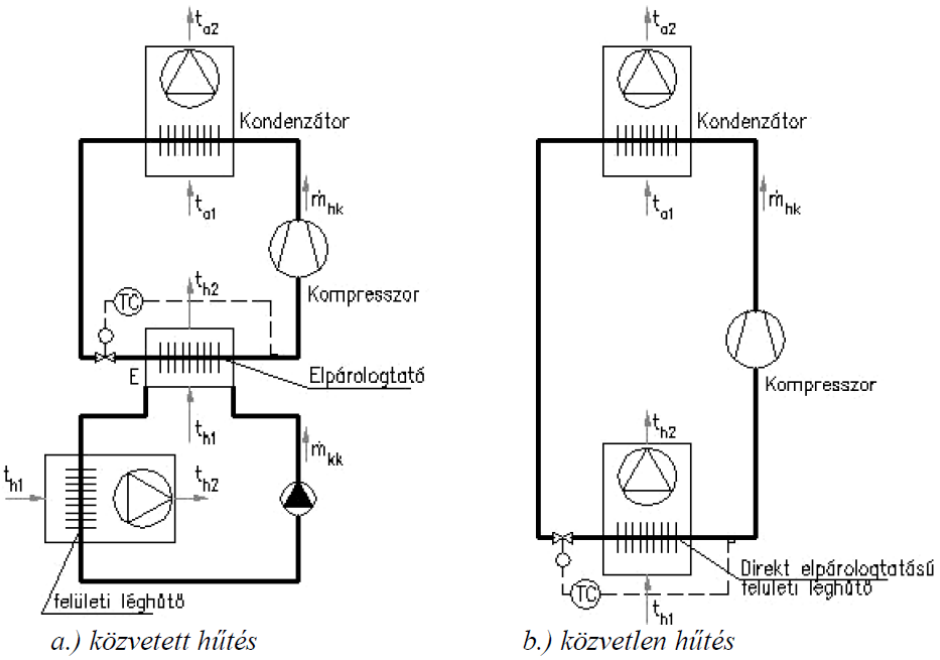


12. ábra: Légfűtő kalorifer (Marcsó, 2010)

2.7.4. Felületi hűtők

A levegő nyári hűtését és szárítását felületi hűtő kaloriferekkel oldjuk meg. A kalorifert hűthetjük közvetlenül a hűtőberendezéssel, ilyenkor a felületi hűtő a hűtő körfolyamat elpárologtatója, ezért ezt direkt hűtésnek nevezzük. A másik megoldás amit gyakrabban szoktak alkalmazni, amikor a hűtőgéppel lehűtjük a közeget és ezt vezetjük bele a légkezelő kaloriferébe, teljesen hasonlóan mint azt a fűtési kalorifernél már bemutattam. Ezt a típust indirekt hűtésnek nevezzük. A hűtött közegnél a leggyakrabban alkalmazott hűtési hőfoklépcső a 7/12 °C. A hűtött közeget, ami víz és glycol keveréke szivattyúval keringtetjük a folyadékhűtő elpárologtatója és a legkezelőbe épített kalorifer között. Nyáron amikor a levegő szárítására használjuk a hőcserélőt a nedves levegőt a harmatpontja alá hűtjük, akkor kondenzátum keletkezik. A cseppelhordás megakadályozása érdekében csepleválasztót kell alkalmazni a hűtő kalorifer kilépő oldalán. A kondenzátum szakszerű elvezetésére itt is csepptálcát kell

alkalmazni, megfelelően méretezett szifonnal, akár csak keresztáramú hővisszanyerő elemnél. A közvetett hűtést az alábbi ábra bal oldali kapcsolási vázlata jól szemlélteti (Marcsó,2010).



13. ábra: a.) Közvetett hűtés kapcsolási rajz b.) Közvetlen hűtés kapcsolási rajz (Marcsó, 2010)

Közvetlen hűtésnél a hűtőgép elpárologtatója közvetlenül el van helyezve a befújt légáramba. Manapság a leggyakrabban használt hűtőközeg az R410a és újabban az R32. A hűtőközeget egy speciális osztón keresztül vezetik egyenlő mennyiségben a párhuzamos csővezetékekbe. A követlen hűtést a fent látható ábra jobb oldala jól szemlélteti (Marcsó,2010).

2.7.5. Hővisszanyerők

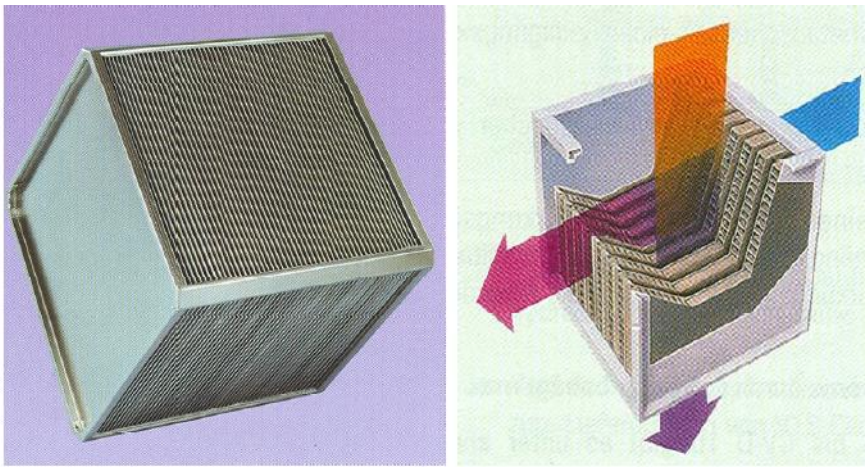
A hővisszanyerők beépítése ma már energiagazdálkodási szempontból alapkövetelménynek tekinthető. Ezek feladata az elszívott levegő hőtartalmának átadása a külső friss levegőnek. Ezt egy lehetséges határig tudják megvalósítani, általában a távozó levegő hőtartalmának 70-80%-át veszi át a hővisszanyerőn keresztül a friss levegő. Ideálisnak vett végtelen nagy felülettel rendelkező hővisszanyerő esetében a külső belépő levegő entalpiája eléri az elszívott levegő entalpiáját. Ez jelentené a 100% hatásfokú hővisszanyerést, azonban a valóságban ez az érték a veszteségek következtében kisebb. Korszerű hővisszanyerőknél a hatásfok elérheti akár a 90%-ot is. A levegő mindig tartalmaz nedvességet is, ezért a levegő összes hőtartalmát a száraz és a nedves rész együttesen adja. Ez a megoldás jelentős költségcsökkentéssel jár. A

hővisszanyerőknek kettő fajtáját különböztetjük meg. Az egyik a Rekuperatív, a másik típus pedig a Regeneratív (Marcsó,2010).

A hővisszanyerők a légkezelő gépek elején találhatók, mert itt van a legnagyobb hőmérsékletkülönbség a befúvott és elszívott levegő között. A nagyobb hőmérséklet különbség kedvezően hat a hőátadás hatásfokára. A hőcserélőt védeni kell az elszennyeződéstől, ezért mind a kettő irányban eléje szűrőt kell tenni. Rekuparetív hőcserélőknél a befújt és elszívott légáramok falfelülettel el vannak választva egymástól. Ezért itt csak hővezetéssel történik meg az energia átadás.Sszáraz hőcseréről beszélünk, mivel nedvesség csere nem történik a légáramok között. Ezzel szemben a Regeneratív hővisszanyerőknél a száraz hőcsere mellett nedvesség visszanyerés is végbemegy. Ebből kifolyólag ezt entalpia visszanyerőnek is nevezik a szakmában (Marcsó,2010).

2.7.5.1. Rekuperatív lemezes hővisszanyerők

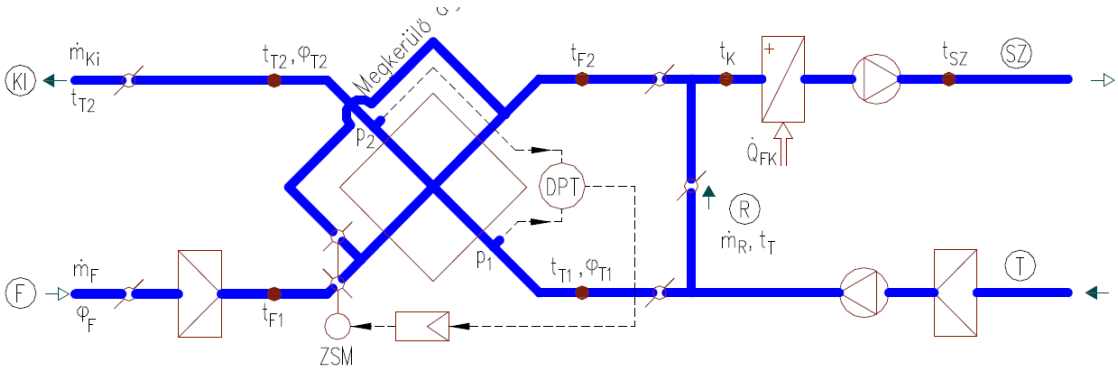
A **lemezes hővisszanyerők** keresztáramú hőcserélők. Az energetikai hatékonyság növelése érdekében ellen-keresztáramú típusok a legelterjedtebbek. Ennél a hőcserélőnél nincs közvetítő közeg, a kétféle légáram egymástól egy fallal elválasztva halad, tehát nem keveredik. Anyagátadás nincs csak hőátadás van. Leggyakoribb a lemezes kivitel, ahol keresztáramú hőcsere valósul meg. A lemezek üvegből, alumíniumból vagy polipropilénből készülnek. Keveredés a légáramok között nem valósul meg. Kondenzáció a hideg lemez felületén előfordul a távozó levegőnél, ezért csepptálcát alkalmaznak a hőcserélő alatt. A csepptálcáról a kondenzátumot az uralkodó légáram és nyomásviszonyok figyelembe vételével, méretezett golyós szifonon keresztül kell elvezetni. A csatornába közvetlenül bekötni tilos, mivel ha kiszárd visszaáramolhatnak a szagok a légáramba (Marcsó,2010).



14. ábra: Lemezes hővisszanyerő (Marcsó, 2010)

2.7.5.2. Keresztáramú hővisszanyerők deresedés elleni védelme

Télen amikor 0°C alatti külső friss levegőt szív magára a légkezelő fennáll a keresztáramú hővisszanyerő elem deresedésének veszélye. A helyiségből elszívott távozó levegő melegebb, komfort szellőzés esetén kb. 20°C. A meleg levegő több nedvességet tud magában tartani, ezáltan magasabb az abszolút páratartalma. Hogyha ez a magas páratartalmú levegő találkozik a hővisszanyerő hideg fém falával és lehűl, ez a páratartalom kicsapódik a kondenzátum formájában megjelenik a hővisszanyerő felületén. Ez a nedvesség odafagy a felületre, a túloldalom áramló fagypont alatti légáram hatására. Jégréteg képződés indul meg és elzárja a lemezes hővisszanyerő légjáratait. A deresedés elleni védekezés leggyakrabban alkalmazott módja, hogy ha a hideg levegőt egy By-pass megkerülő járaton vezetjük át. Ezáltal a hideg levegő nem megy át a hővisszanyerőn és az elszívott meleg levegő ki tudja olvasztani az elderesedett légjáratokat. A deresedés megindulását ebben az esetben is nyomáskülönbség érzékelők jelzik. A By-pass ágat tekintve értéktartó szabályozásról beszélünk. A szabályozó rendszer a hővisszanyerő előtti p1 és az utáni p2 nyomáskülönbséget tartja fix értéken. A folyamatos szabályozás pontosabb és gazdaságosabb védelmet és működést tesz lehetővé (Marcsó,2010).

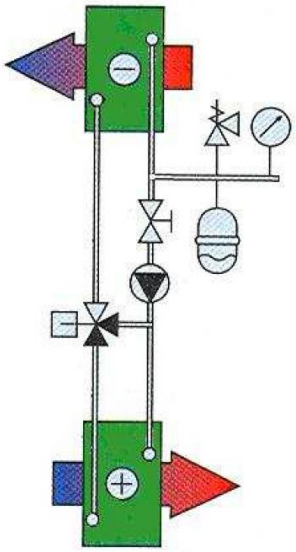


15. ábra: Deresedés elleni védelem kapcsolási rajz (Marcsó. 2010)

Átmenti időszakban a By-pass ágat Free-cooling, vagyis szabadhűtésre is szokták alkalmazni. Ebben az esetben nagy belső hőterhelésű terek szellőzésénél, a meleg kidobott levegő nagy mértékben felmelegíteni és befúvott friss levegőt amire átmeneti időszakban már nincs szükség (késő tavasz, kora ősz). Ezért a megkerülő ágon a friss levegő egyenest a helyiségbe áramlik (Marcsó,2010).

2.7.5.3. Közvetítőközeges hővisszanyerő

A rekuperatív hőcserélők másik fajtája a **közvetítő közeges**, amit akkor alkalmazunk, ha a távozó levegő légcsatornája és a frisslevegő légcsatornája egymástól távol van vezetve. Ilyenkor a hőátadást egy másik közeg áramlása útján érjük el. Mindkét légcsatornába egy-egy hőcserélő kerül beépítésre és a két hőcserélő között szivattyúval, zárt körben keringtetjük a hőhordozó közeget. Ezek a hőcserélők utólag is beépíthetők. Ilyen rendszer hővisszanyerési foka 50-70%. A közvetítő közeg általában fagyálló és víz keveréke. A hőt közvetítő közeg az elszívott melegebb levegő energiáját felveszi, ezáltal felmelegszik, majd a másik hőcserélőn ezt az energiát leadva lehűl. Ennél a hővisszanyerésnél a két légáram hermetikusan el van zárva egymástól. Emiatt olyan ipari létesítményekben is alkalmazható, ahol az elszívott levegő egészségre káros anyagokat tartalmaz. A hőcserélő eljegesedés megelőzésének legegyszerűbb módja a keringető szivattyú leállítás, amelyet egy nyomáskapcsoló működtet. Háromjáratú szabályozó szeleppel megoldható a deresedés elleni folyamatos szabályozás. Ebben az esetben a hőcserélőket minőségi keverőkapcsolással kell egymáshoz kötni. Ez a kapcsolás alkalmas a hővisszanyerés szabályozására is átmeneti időszakban (Marcsó,2010).

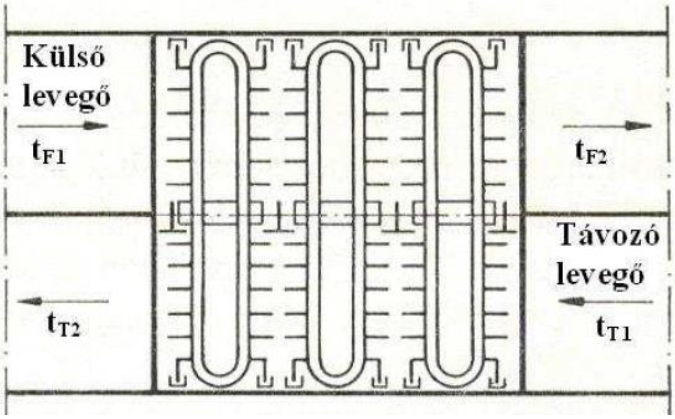


16. ábra: Közvetítőközeges hővisszanyerő (Marcsó, 2010)

2.7.5.4. Hőcsöves hővisszanyerő

A rekuperatív hőcserélők harmadik fajtája a **hőcsöves** kivitel. A hőátvitelhez vákuumozott, bordás csöveket használnak. A csöveket olyan közeggel töltik fel, aminek forráspontja az üzemi hőmérséklethez közelít, ezután úgy állítják be a cső nyomását, hogy a töltet forráspontja az üzemi hőmérsékleten legyen. A távozó levegő hőjétől gőzzé alakul a töltet és a cső felső végéhez áramlik, ahol a külső hidegebb levegő miatt kondenzálódik. A folyadék a nehézségi

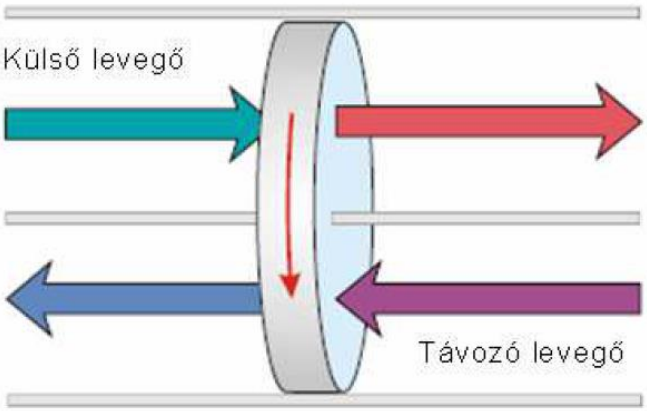
erő hatására visszajut a cső alsó részébe. Az elérhető hővisszanyerési fok 50-70% (Marcsó,2010).



17. ábra: Hőcsöves hővisszanyerő (Marcsó, 2010)

2.7.5.5. Regeneratív, forgódobos hővisszanyerő

A koncentrikus fém gyűrűk közé, hullám alakban behajtogatott fém távtartó betéteket helyeznek, így épül fel a forgódob. A dob résein keresztül áramlik az elszívott és a befúvott levegő. Ennél a kialakításnál az elszívott levegő visszakeveredése elkerülhetetlen a konstrukciós kialakítás miatt. A nagy hőtároló tömegű hőcserélő nem csak hővisszanyerésre alkalmazható. Kialakításából adódóan a nedvesség csere is történik. A hőcserélőt alkotó hullámlemezek felületét nedvesség kötő anyaggal vonják be. Ezért az elszívott levegő kondenzálódik a felületen és a vízcseppek elpárolognak átfordulva a befúvó ágban. Ahhoz, hogy a kondenzáció végbemenjen, a hőcserélő felületének 4-8 °C-al az elszívott levegő harmatponti hőmérséklete alatt kell hogy legyen (Marcsó,2010).



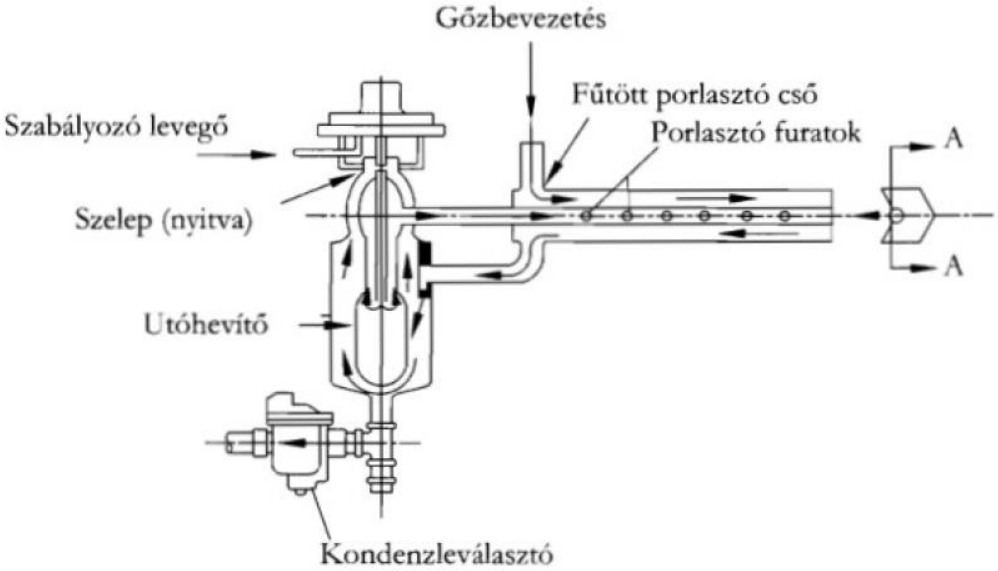
18. ábra: Forgódobos hővisszanyerő (Marcsó, 2010)

A friss és a távozó nedves levegő között anyagátadás valósul meg. Az ilyen típusú hőcserélőknél elérhető a 80-90%-os hővisszanyerési fok is. Leggyakoribb fajtája a forgódobos hőcserélő. Ennek a hőcserélőnek az előnye, hogy hő- és nedvességcsere megvalósítására is alkalmazható. Beépítése speciális légcsatorna vezetést igényel, mivel az elrendezésnél találkoznia kell a két légcsatornának. Alkalmazásának nagy előnye a magas hővisszanyerési fok, elérhető 65-90% is. A dob jellemző fordulatszáma 5-15 1/min (Marcsó,2010).

2.7.6. Légnedvesítők

2.7.6.1. Központilag előállított gőzt felhasználó légnedvesítő

A levegő páratartalmának növelése történhet gőz vagy víz beporlasztásával. A gőz beporlasztásához gőzporlasztó „puskákat" használunk. Ezek a légkezelő központ után a légcsatornába építhetők. Előnyük a kis helyigény és a higiénikus működés, nem kell tartani a fertőzést okozó baktériumok és mikró-orgazmusiok bekerülésétől és elszaporodásától. Általában akkor alkalmazzák a nedvesítés ezen módját, ha technológiai telepített gőzkazánból a túlhevített gőz rendelkezésre áll, ekkor a porlasztó üzemeltetése gazdaságosabb. Ha magasak a higiéniai követelmények szintén ezt használjuk (Marcsó,2010).



19. ábra: Központi légnedvesítő (Marcsó, 2010)

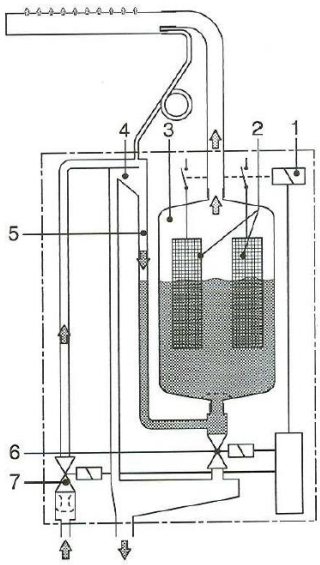
A levegő nedvesítésének másik módja a vízbeporlasztás ez nedvesítő kamrákban történhet. A víz a porlasztókeretekre felszerelt porlasztófejekből egyen- vagy ellenáramlásban jut az áramló levegőbe. A nem bepárolgó vízcseppeket a csepleválasztó juttatja vissza a nedvesítőkamra

alján kialakított víztartályba. A beporlasztáshoz szükséges víznyomást egy szivattyú biztosítja, aminek üzemeltetése a gőzbeporlasztónál lényegesen kevesebb energiát igényel. Hátránya a nagy helyigény és az, hogy a vízgyűjtő tartályban pangó víz kedvez a baktériumtenyészetek kialakulásának (pl. legionella). Ezért a lényegesen kisebb helyigényű légcsatornára szerelhető, perdületes elven működő vízbeporlasztók terjedtek el. Hátrányuk, hogy a be nem párolgó vizet a légcsatornából el kell vezetni (Marcsó,2010).

2.7.6.2. Levegő nedvesítése helyi gőzfejlesztővel

Manapság a gyakorlatban a helyi gőzfejlesztővel üzemeltetett párásítók az elterjedtebbek. Az előnyük, hogy szennyező anyag nem kerül a légáramba. A légkezelő közelében elhelyezett gőzgenerátor egy tartályban elektromos árammal melegíti a vizet és párologtatja. Két típusát különböztetjük meg, a merülő elektródás és az ellenállás fűtés elven működő (Marcsó,2010).

A merülő elektródás berendezés zárt gőzfejlesztő hengerében, két feszültség alá helyezett elektróda merül a vízbe. A víz vezetőképessége miatt áram indul meg, mely felforralja a vizet és megindul a gőzfejlődés. Az lágyított sómentesített víz nem felel meg a használathoz, mivel a víz elveszíti a vezetőképességét. A gőzfejlesztés mennyisége függ az elektródák vízbe merülő felületétől. Az elektródák felületén az ásványi sók lerakódnak és vízkövet képeznek. Ez csökkenti a felületek hasznos méretét. A bemerülés mélységével lehet optimalizálni. A teljesen elhasználódtak az elektródák akkor az egész tartályt cserélni kell (Marcsó,2010).



20. ábra: Merülőelektródás légnedvesítő (Marcsó, 2010)

2.7.6.3. Ellenállásfűtéses gőz-légnedvesítők

Ennél a párásító típusnál elektromos ellenállás fűtő szálakban indul meg az áram. Ezek a fűtők itt is egy henger alakú tartályban helyezkednek el és vízbe merülnek. A fűtőtest felforralja a vizet és ezáltal gőz fejlődik. Amikor a gőz a gőztömlő végén, a gőzlándzsákon keresztül a légáramba jut, a környező szárazabb levegő azonnal fel tudja venni a beporlasztott gőz nagy részét. Azonban a telítési határ fölött gőz vízcseppek formájában lesz jelen. A gőz belépése után a légkezelőbe megfelelő hosszúságú keveredési hossz szükséges, ahhoz hogy a gőz megfelelően tudjon keveredni a levegővel és vízcseppek visszaalakuljanak gőzzé. Amennyiben a méretezés során nem engednek elég hosszú utat a keveredéshez a légáramban lévő iránytöréseknél vízcseppek formájában kicsapódik a felületre. Az alábbi táblázat tartalmazza a szükséges keveredési hosszokat (Marcsó,2010).

Levegő relatív nedvességtartalma nedvesítés előtt, %	B_n keveredési zóna hossza, m Levegő relatív nedvességtartalma nedvesítés után, %					
	40	50	60	70	80	90
5	**0.9** (0.22)	**1.1** (0.28)	**1.4** (0.36)	**1.8** (0.48)	**2.3** (0.66)	**3.5** (1.08)
10	**0.8** (0.20)	**1.0** (0.26)	**1.3** (0.34)	**1.7** (0.45)	**2.2** (0.64)	**3.4** (1.04)
20	**0.7** (0.16)	**0.9** (0.22)	**1.2** (0.30)	**1.5** (0.41)	**2.1** (0.58)	**3.2** (0.96)
30	**0.5** (0.10)	**0.8** (0.17)	**1.0** (0.25)	**1.4** (0.36)	**1.9** (0.52)	**2.9** (0.88)
40	–	**0.5** (0.11)	**0.8** (0.20)	**1.2** (0.30)	**1.7** (0.45)	**2.7** (0.79)
50	–	–	**0.5** (0.16)	**1.0** (0.24)	**1.5** (0.38)	**2.4** (0.69)
60	–	–	–	**0.7** (0.16)	**1.2** (0.30)	**2.1** (0.58)
70	–	–	–	–	**0.8** (0.20)	**1.7** (0.45)

21. ábra: Gőz bekeveredési hossz (Marcsó, 2010)

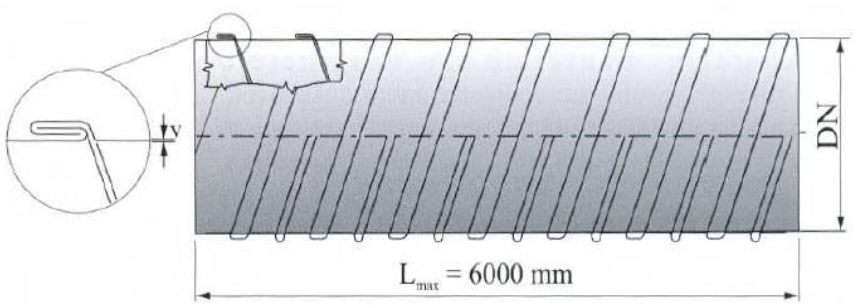
2.8. Hancsillapítók

Feladatuk, hogy a gép zaját csökkentsék az által, hogy csillapítja a hanghullámokat. A leggyakrabban alkalmazott a kulisszás hangcsillapító, ahol a csatornán belül kasírozott hangcsillapító anyagból készült kulisszák találhatók, amik csökkentik a rezgéseket és csillapítják a hanghullámokat. Négyszög és kör keresztmetszetben is elérhetők, általában az egyenes kivitelűt alkalmazzák, helyhiány esetén könyök alakú változatott szerelnek be (Marcsó,2010).

2.9. Légcsatornák

A levegő vezetése légcsatornákon keresztül történik. Kétféle keresztmetszetben gyártják. Az előregyártott, kör keresztmetszetű spirálkorcolt (SPIKO) könnyű lemezvezeték aluminiúmból vagy horganyzott acélból készül, az alumínium a klórós párát nem bírja és korrodálódhat. A

szögletes csatornákat egyedi terv szerint készítik. Mivel a kör keresztmetszetű légcsatorna könnyeben gyártható és szerelhető, ezért - ahol a hely megengedi - kör keresztmetszetet érdemes használni. A légcsatornában maximum 5 m/s sebességet lehet megengedni, mert nagy zajhatás lép fel. A páralecsapódástól szigeteléssel védjük a légvezetéket. Fontos kritérium a légcsatornákkal szemben, hogy a levegő a szállítás során ne változzon számottevően. A légcsatornákkal szemben támasztott követelmények a következők: Álljon ellen a környezeti hatásoknak, sima belső felülettel rendelkezzen, tűzálló kivitel legyen, a zajt jól csillapítsa, könnyen szerelhető és légtömör legyen (Marcsó,2010).



22. ábra: Spirál karcolt légcsatorna (Marcsó, 2010)

2.10. A belső levegő minőségének értelmezése

Mivel a munkám során egy ipari létesítmény klímatizálását készítem el, így fontosnak tartom ismertetni a belső levegő minőségét. A klímatechnikai rendszernek az ott dolgozók komfortérzetét és a technológiát is ki kell szolgálnia. Az emberi tevékenység és technológia folyamatok során egyaránt káros anyagok kerülnek a levegő amit a légtechnikai rendszernek el kell szállítania. A belső levegő minőség, vagy ahogy a szakirodalom rövidíti BLM Fanger professzor nevéhez fűződik. Ő dolgozta ki először az elméletét a belső levegő minőség és a komfortelmélet témakörében. A leggyakrabban használt meghatározása (Bánhidi, 2017):

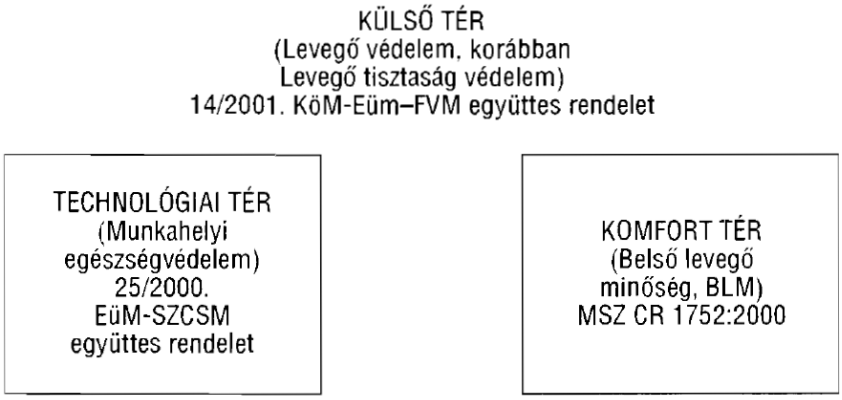
„A BLM alatt a komfort terek levegőjének minden olyan nem termikus jellemzőjét értjük, amelyek az ember közérzetét befolyásolják.” (Bánhidi, 2017)

Egy belső tér levegőjének minőségét befolyásoló szennyezőanyagok a következő lehetnek.

- -Gázok, gőzök (CO,CO2, SO2, NOX, O3, Radon)
- Szaganyagok (Szerves anyagok bomlástermékei)
- Aerosolok (porok, lebegő anyagok, nehézfém szállak, pollen)
- Vírusok

– Baktériumok és spórák (legionella baktérium)
– gombák és spórái (légnedvesítő kamra kórokozói)

A fent felsorolt szennyezőanyagok a levegőbe kerülhetnek az épületszerkezeti és burkolóanyagokból, külső levegőből, berendezésekből és tárgyakból. Továbbá a bent tartózkodó személyek is lehetnek szennyezőanyag források és a technológiát kiszolgáló folyamatokból is, mint például a mi konkrét esetünkben a ragasztási folyamatból. A szakterület megkülönböztet belső levegő minőséget, levegővédelmet és munkahelyi egészségvédelmet. Az ezekhez kapcsolódó jogszabályokat mutatja csoportosítás szerint az alábbi ábra (Bánhidi-Homornay, 2000).



23. ábra: Levegőminőségre vonatkozó jogszabályok (Bánhidi-Homornay, 2000)

A külső levegő minősége a levegő védelemhez tartozik. A rendelet értelmében az egészségügyi határérték a légszennyezettség azon szintje, ami még tartós egészségkárosodáshoz nem vezet. A légszennyező anyagokat veszélyességük szerint 4 csoportba soroljuk (Bánhidi, 2017).

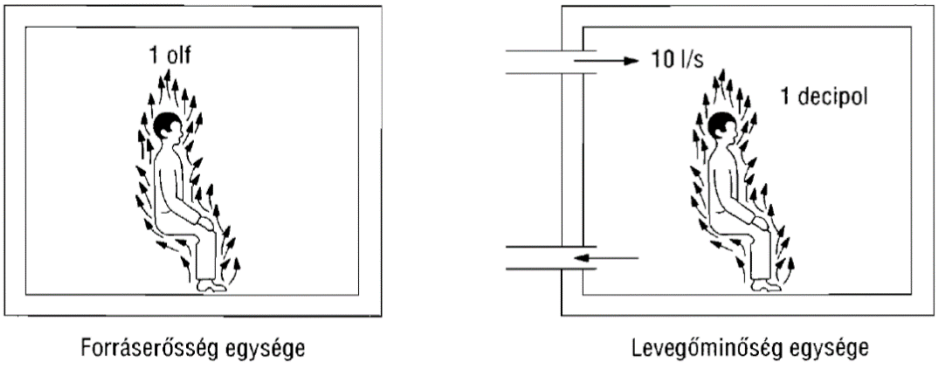
I. Különösen veszélyes
II. Fokozottan veszélyes
III. Veszélyes
IV. Mérsékelten veszélyes

Fanger professzor sok éves kutatás során kidolgozta a belső levegő minőségére vonatkozó értékelési rendszert. A kutatás során viszonyítási alapul az embert választotta. A szennyezőanyag forráserősségének mértékegységeként az 1 olf-ot határozta meg. Definíciója:

„ 1 olf (olfacio= szagol, szagot áraszt) a szennyezőanyag forráserőssége egy átlagos embernek ülő helyzetben nyugalmi fizikai állapotban, kellemes termikus hőegyensúlyt biztosító környezetben, átlagos tisztálkodási feltételek (0,7 fürdés naponta) esetén” (Bánhidi, 2017).

Az érzékelhető levegőminőség mértékegységét az 1 decipol mértékben határozta meg Fanfer professzor. Definíciója az alábbi *(Bánhidi, 2017)*.

„1 decipol (polluo=beszennyez) a levegő minősége tökéletes keveredés esetén a komforttérben, ha 1 olf a szennyezőanyag forráserőssége és a szellőző levegő térfogatárama 10 l/s, vagyis 36 m^3/h” (Bánhidi, 2017).



24. ábra: Levegőminőség ésforráserősség (Bánhidi, 2017)

A belső levegő minőségét három kategóriában határozták meg. A három különféle komfortfokozatokhoz, különböző várható elégedetlenségi százalék tartozik. Belső terek levegőjében a szennyezőanyagok túlnyomó többségben gáz halmazállapotban vannak jelen. Kivéve ezalól a szálló szilárd részecskéket mint pl. porok, aerosolok, baktériumok. A levegő egy ideális gázkeveréknek tekinthető, melyben tökéletesen keverednek a gáz halmazállapotú szennyezőanyagok. Az ideális gázkeverékekben az egyes alkotók koncentrációja többféle képpen fejezhető ki, annak függvényében, hogy a szennyezőanyag tömegét vagy térfogatát ismerjük (Bánhidi, 2017).

a) térfogat-térfogatra vonatkoztatott koncentráció

$$k_{t,t} = \left[\frac{m^3}{m^3}; \frac{cm^3}{cm^3}\right]$$

b) térfogat-százalékos koncentráció érték

$$k_{t,t\%} = 100 \cdot k_{t,t} \left[\frac{m^3}{m^3}\right]$$

c) tömeg-térfogatra vonatkoztatott koncentráció

$$k_{s,t} = \left[\frac{kg}{m^3}; \frac{mg}{m^3}\right]$$

d) tömeg-tömegre vonatkoztatott koncnetráció

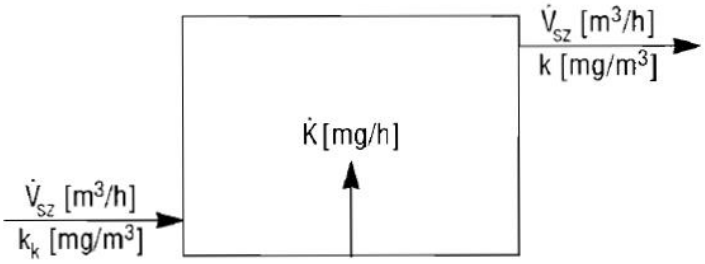
$$k_{s,s} = \left[\frac{kg}{kg}; \frac{mg}{kg}\right]$$

e) darab-térfogatra vonatkoztatott koncnetráció (szálló por és aerosol részecskék esetén használjuk)

$$k_{db,s} = \left[\frac{db}{m^3}\right]$$

A szennyezőanyag koncentrációjának változását zárt helyisségben, időben állandó kibocsájtás esetén az alábbi modell szemlélteti. Az ábra azt szemlélteti, hogy a zárt komforttérben K [mg/h] szennyezőanyag szabadul fel, V_{sz} [m^3/h] szellőző friss levegő érkezik a helyiségbe, amelyben k_k [mg/m^3] szennyezőanyag koncentráció van és a másik oldalon a V_{sz} [m^3/h] levegő távozik, k_k [mg/m^3] szennyezőanyag koncnetrációval. Tehát feltételezve, hogy a friss szellőző levegőnek állandó a szennyezőanyag tartalma és hogy a térben homogén a szennyezőanyag koncentráció, fel tudjuk írni helyiségre vonatkoztatott szennyezőanyag mérlegét (Bánhidi, 2017).

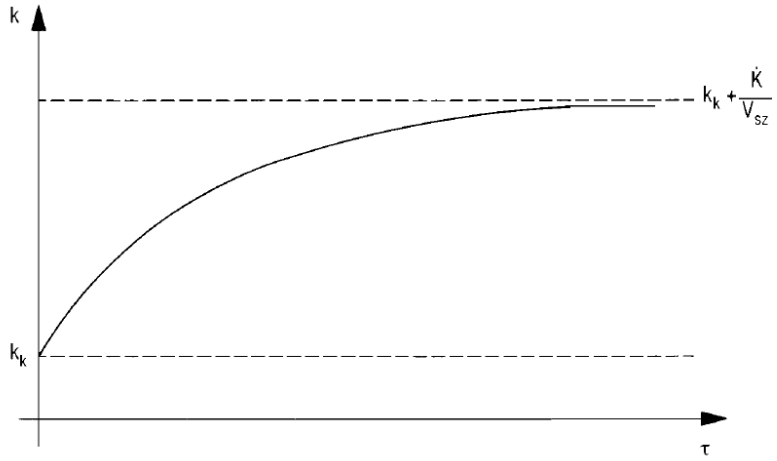
$$k = k_k + \frac{\dot{K}}{\dot{V}} \cdot (1 - e^{-n\tau})$$



25. ábra: Állandó szennyezőanyag forrás modellje (Bánhidi, 2017)

Ahol: n (l/s) a légcsere,

Az állandó forrású szennyezőanyag kibocsájtás függvénye szerinti grafikont az alábbi ábra szemlélteti. Láthatjuk, hogy állandó forrás esetén a kezdeti értékről indul a grafikon, ez az érték ami a külső friss levegőben is jelen van. Majd logaritmikusan növekszik a helyiség szennyezőanyag terhelése, viszont a szellőzés miatt soha nem éri el a felső értéket (Bánhidi, 2017).



26. ábra: Állandó forrású szennyezőanyag kibocsájtás (Bánhidi, 2017)

2.10.1. A szagok és szennyezőanyagok érzékelése

A zárt helyiségekben dolgozók a környezeti hatásokat érzékszerveivel érzékelik. A felszabaduló szennyezőanyagokat leginkább szaglással lehet érzékelni. A legtöbb gáz, gőz, illékony szerves anyagot, de még egyes porokat is a szagló szervünk érzékel. További hatásként érzékelhetünk szem irritációt, kiválthat köhögést vagy bőr irritációt is. A szaglással foglakozó tudományág az olfaktrometria. A szagok érzékelése a felső orrkagylóban lévő szaglóhámon történik. A szagló sejtek száma átlagosan az embereknél 10-20 millió sejt. Egyes szagokkal szemben az ember ingerküszöbe nagyon alacsony. Nem szakmai kifejezéssel ezeket nevezzük szúrós szagú anyagoknak. Ezek már rendkívül kicsi koncentrációban is észlelhetők az ember számára. Például a merkaptán szagát az emberi orr már 0,00000004 mg/l koncentrációban már érzékeli. A szaglóhám jellemzően gyorsan elfárad, ezért bizonyos idő eltelte után az ember az adott szagot már nem érzéklei. A szakirodalomban megkülönböztetnek érzékelési és felismerési küszöböt is. Az érzékelési küszöb amikor a jelenlévők 50%-a érzékeli a szaghatást. A felismerési küszöb az ennél magasabb koncnetrációjú érték. Az alábbi táblázatban látható pédaként néhány anyag érzékelési küszöb értéke. Látható a táblázatban az érzékelési küszöb és az egészségügyi határérték aránya is. Az egészségügyi határérték egészséges ember esetén 8

órán át megengedhető. Szagtalan gázok esetében az érzékelési küszöböt nincs értelme meghatározni, ebben az esetben végtelennek tekinthető (Bánhidi, 2017).

Jól látható, hogy egyes anyagoknál a két érték nagyon eltérő, viszont az illékony szervez anyagoknál, vagyis a formaldehideknél ez az arány közel azonos. Egészségügyi szempontból előnyös, hogy ha az arány nagyobb mint 1. Ilyenkor előbb érzékeljük a szennyező anyag levegőben létét, mint hogy az elérje az egészségügyi határértéket. Ellenkező esetben amikor érzékeljük a szennyezőanyag jelenlétét a levegőben, az már magasabb koncnetrációjú mint a megengedhető egészségügyi határérték (Bánhidi, 2017).

3. táblázat: Szagok érzékelési küszöb értéke és egészségügyi határ aránya (Rechnagel et. al. 2000)

Vegyület	Érzékelési küszöb mg/m^3	Arány*
Acetaldehid	1,2	150
Aceton	47	38
Ammonia	33	0,5
Benzol	15	2
Etilén-oxid	196	0,01
Fenol	0,18	106
Formaldehid	1,2	1,3

2.10.2. Levegőszennyező anyagok

Belső terek levegőjét többszáz szennyezőanyag befolyásolhatja és lehet hatással az ott tartózkodók komfortérzetére. Ezek körül a leggyakoribbak a szén-dioxid, formaldehid, illékony szerves anyagok, radon, dohányfüst, nitrogén-oxidok, azbeszt, különböző szálló porok. A levegőszennyező anyagok közül én a formaldehidet és a VOC-t szeretném ismertetni, mivel az ipari térben a ragasztás során illékony anyag szabadul fel (Bánhidi, 2017).

A formaldehid illékony szerves vegyületek közé tartozik, vízben jól óldódó, egészségre rendkívül káros hatású szer. Színtelen és szúrós szagú gáz. Az egyik legismertebb vegyi alapanyag közé tartozik, hatását tekintve rákkeltő vegyületnek minősül. Ezt a vegyi anyagok alkalmazzák pl. faforgácslap, ragasztók, lakkgyanta, konzerválószerek, színezőszerek és oldószerek gyártásánál. A leggyakoribb formaldehid szennyezőanyag forrás a faforgácslap, amelyekből a bútorok, berendezési tárgyak készülnek. A másik egészségre ártalmas illékony szerves anyag ami belső terekben előfordul, mint légszennyező anyag az a VOC. A

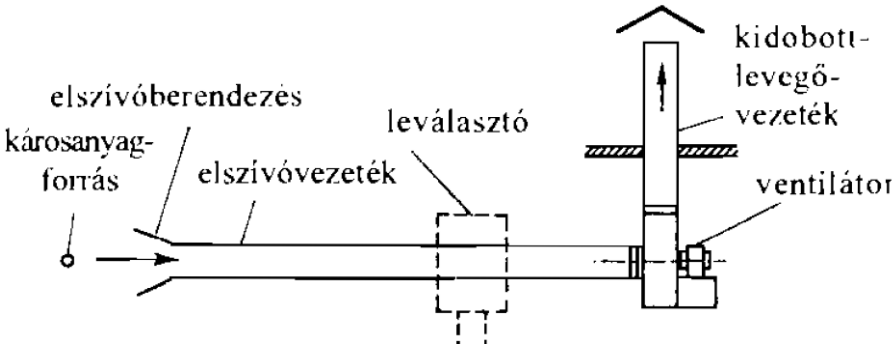
szennyezőanyagok ezen csoportja a formaldehid kivételével az összes többi illékony szerves anyagot és gázokat tartalmazza. Elsősorban mesterséges építőanyagok és bútorokból, berendezési tárgyakból szabadul föl. Legfőbb jellemzőjük, hogy olvadáspontjuk szobahőmérséklet alatt van, ebből kifolyólag a helyiségben folyamatosan párolognak (Bánhidi, 2017).

2.11. Ipari elszívóberendezések

Fontosnak tartom egy külön fejezetben általánosan ismertetni az ipari elszívóberendezések. Ahogy azt már korábban is említettem a munkám során feldolgozandó ipari létesítményben technológiai elszívás is történik. Ezért a továbbiakban röviden bemutatom az elszívóberendezések átalános felépítését és különböző típusait (Rechnagel et al. 2000).

Ipari létesítményekben, különböző technológiai folyamatok következtében gyakran alkalmaznak technológiai elszívásokat. A gyártási folyamatok során levegőszennyező anyagok keletkeznek, úgy mint gázok, gőzök és porfélék. Ezeket a szennyezőanyagokat el kell távolítani a levegőből, mert rossz hatással lehetnek a munkafolyamatokra és az ott dolgozók egészségét is károsíthatják. Kevés mennyiségű károsanyag koncentráció esetén ez az eltávolítás a légtechnikai rendszer történik, befúvó és elszívó használatával. Ilyenkor a mesterséges szellőzés szállítja el a káros anyagokat, helyére pedig friss levegőt juttat. Nagyobb mennyiségű és koncnetrációjú szennyezőanyag keletkezésénél lokálisan, a károsanyag közvetlen keletkezésénél történik az elszívás. Az elszívás egy ventilátor segítségével történik és légvezetékeken keresztül történik az elszállítás. A légcsatorna előtt vagy a légcsatornában el kell helyezni szűrőt vagy leválasztót a szennyezőanyag típusától függően. Ez a szűrés egyrészt azért fontos, hogy az elszívott anyag ne rakódjon le a légtechnikai berendezéseken és légcsatornákban. Másrészt azért van fontos szerepe, hogy ne engedjük a környező levegőbe közvetlenül az anyagokat. A megtisztított, szűrt levegőt a tető fölött a levegőbe eresztik. Ezeket a berendezéseket nevezik ipari elszívóknak. Az elszívásra kerülő levegő mennyiségét a károsanyag maximális megengedett koncentrációja alapján határozzák meg. Ezt a szakirodalom MAK értéknek nevezi. Ezen kívül a gyakorlatban sokszor tapasztalati érték alapján határozzák meg az elszívandó légmennyiséget. Egy általános ipari elszívóberendezés a következő fő részekből áll. Egyrészt van a károsanyag forrás, amit eltávolítunk a légtérből. Ez a szűrőn áthaladva távozik a légcsatornán keresztül. Az egész folyamat hajtó motorja a ventilátor, ami létrehozza a nyomáskülönbséget a beltér és a kültér között. Az elszívóberendezések kialakítása

rendkívül sokféle lehet. Mindig a technológiai folyamathoz kell igazítani (Rechnagel et al. 2000).



27. ábra: Általános ipari elszívóberendezés vázlata (Rechnagel et. al. 2000)

Az elszívások esetében az a legcélravezetőbb, ha a forrást teljesen körbe tudjuk zárni és úgynevezett kamrás elszívást tudunk kialakítani. Ilyenkor a környező levegőbe egyáltalán nem kerül a felszabaduló káros anyagból. Ezt a megoldást azonban sok esetben nem lehetséges kivitelezni, mert a kialakítás és a környezeti adottságok nem teszik lehetővé. Például nehézkessé válna a gyártandó darab hozzáférése. Ebben az esetben a legjobb megoldás, ha a lehető legközelebb telepítjük az elszívást a károsanyag forráshoz és úgy méretettük rendszert, hogy a lehető legkevesebb térfogatáramra legyen szükség az elszíváshoz. (Rechnagel et al. 2000)

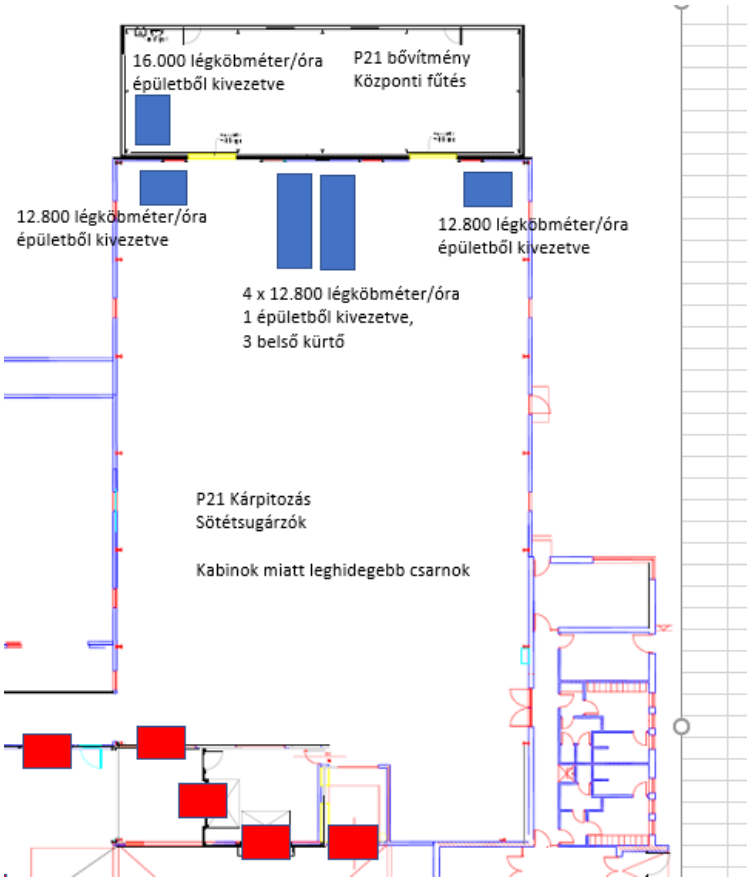
3. Létesítmény ismertetése

A csarnok és a hozzá tartozó szociális és kiszolgáló-létesítmények 2004-ben épültek. A csarnok fém sátortetős vázszerkezetű és az építés idejében használatos, az aktuális hőtechnikai előírásoknak megfelelő szendvicspanelekből készültek. A csarnokok mellé az adott csarnok belmagasságánál kisebb egyszintes épületrészek, bővítmények és irodák szociális terek is épültek. A telephelyen 3 üzemcsarnok található, mind a három csarnokban eltérő munkafolyamatok zajlanak. Feladatomban a három csarnok közül csak a P21-es Kárpitozó csarnok kerül feldolgozásra, a munka terjedelméből adódóan. Energetikailag ez a csarnok a legnagyobb problémát jelentő egység. A P21 Kárpitozó csarnok 974,95m^2, átlagos belmagassága 7,7 m. Az épület fűtése és melegvíz előállítása földgázzal történik. A csarnokok fűtése gáz alapú fekete sugárzókkal történik. A csarnok hőszigetelés szempontjából elavult. A Kárpitozó csarnok mellé utólag hozzá lett építve egy Varroda bővítmény ami 189 m^2 , ferde tetős és átlagos belmagassága 4,4 m. A csarnok fűtése nagy gondot jelent, mivel a csarnokban lévő ragasztó kabinok működésekor az elszívott levegő hővisszanyerés nélkül kidobásra kerül. A légutánpótlás az aktuálisan kinyitott ajtókon keresztül történik, közvetlenül a külső felfűtetlen levegővel. A csarnokban található kabinok darabszáma 6db. Erre a problémára munkám során hővisszanyerős szellőztető berendezést fogok betervezni. A sötétsugárzók kiváltását VRF beltéris légfűtő berendezésekkel tervezem megoldani.

28. ábra: Kárpitozó üzem (Saját felvétel)

4. Kiindulási alapadatok

A tervezés és az energetikai számítás elvégzéséhez a létesítmény üzemeltető a részemre bocsájtotta az építészeti terveket és villany és gázszámla összesítőt 3 évre visszamenőleg. Az alábbi képen látható a Kárpitozó csarnok és a bővítmények alaprajzai. A létesítmény kiosztása egy nagy sátortetős 974,95m2-es kárpitozó csarnok és egy alacsonyabb belmagasságú ferdetetős 190 m2-es bővítményből áll. A nagy csarnok fűtését 4 db Omega sötétsugárzó biztosítja. A bővítmény fűtését gáz központi fűtés látja el. Ahogy már korábban említettem ez a részleg a leghidegebb télen, mivel a ragasztó kabinok elszívása hővisszanyerés nélkül ki van vezetve az épületből és a frisslevegő utánpótlás pedig az ipari kapukon keresztül történik amikor azok nyílnak. Az alábbi ábrán a ragasztó kabinok kékkel vannak jelölve.



29. ábra: P21 Kárpitozó üzem alaprajz (adatszolgáltatás alapján)

Jól látható, hogy a kabinok a csarnok felső részében csoportosulnak. Négy darab légvezeték az egyik oldalra van kivezetve, kettő darab pedig a másik oldalra. Szintén üzemeltetői adatszolgáltatás, hogy kamránként 12.800m3/h légelvezetés történik. A 6db kabint összegezve egy 76.800 m3/h elszívást jelent. Ez az elszívás nem állandó, hanem kizárólag a ragasztás ideje alatt működtetik csak az adott ventilátort, ezért 0,4-es egyidejűséggel fogok számolni. Az elszívott légmennyiségeket a munkám során méréssel ellenőrizni fogom.

5. A rendszer tervezési határai

A légtechnikai rendszer tervezési határait a ragasztós technológiai elszívások pontos mennyisége fogja adni. Ezt az elszívásra került légmennyiséget kell az épületbe pótolnunk is. Továbbá megrendelői igény, hogy a jelenleg erősen depresszív csarnok a jövőben legyen állandó nyomású tér. Így az ipari kapuk nyitása esetén mérsékeltebben fog bezúdulni a hideg levegő. Ennek érdekében egy állandó nyomástartású légkezelési egységet fogok a befúvásra tervezni. Az üzemben túlnyomó többségben nők dolgoznak, ülő vagy könnyű fizikai munkát végezve. Leginkább varrás, ragasztás, anyagmozgatás. A szellőztető rendszert úgy kell megtervezni és kialakítani, hogy képes legyen lekövetni és kompenzálni a ragasztós elszívó kabinok okozta nyomáskülönbséget és mindemellett megfelelő huzatmentes belső légállapotot biztosítson a bent dolgozóknak. Az ipari kapukhoz betervezésre kerülnek, ipari légfüggönyök is, azért hogy a szállítmányozás során is megőrizze az épület a komfort állapotát. Ezen kívül, betervezésre kerülnek rétegződést gátló ventilátorok, mivel az üzem sátortetős és a legmagasabb pontja több mint 9 méter magasan található. Ezzel megakadályozható, hogy a meleg levegő magasan a tető alatt gyűljön össze.

6. Az elszívott levegő mennyiségének mérése

Az üzemeltetői adatszolgáltatás alapján megadott elszívott légmennyiségek inreálisan nagynak tűnnek. Ez első probléma ott adódott, hogy ha tényleg ilyen nagy mennyiségű levegőt szívnak el a csarnokból az hatalmas hőveszteséget jelent. A 0,4-es egyidejűségi tényezővel számolva is 30.000 m3/h levegőt dobnak ki, amit beleszámítva a hőveszteségbe 370 kW veszteséget jelentene. Jelenleg sincsen ekkora teljesítményű hőtermelő a csarnokban, ezért ez egy vizsgálandó kérdés. A második probléma ott jelentkezett, hogy 400 mm átmérőjű légvezetékeken vannak az elszívások kivezetve az épületből. Ennél a légmennyiségnél ez 28,3 m/s légsebességet jelent, ami még ipari alkalmazásnál sem megengedett és a rendszer működés közben rendkívül zajos lenne. A számítások pontos elvégzése érdekében méréssel ellenőriztem az elszívott légmennyiségeket.

6.1. A mérés menete

A mérést a **Testo 416 szárnykerekes légsebességmérő** műszerrel végeztem. A műszer beépített teleszkópos érzékelővel rendelkezik, amely 890 mm hosszúságúra húzható ki. Az érzékelőfej átmérője 16 mm. A mérést az egyik légcsatornán végeztem el. A légcsatorna teljes keresztmetszetében 8 mérési pontot vettem fel és a teljes mérést 4-szer ismételtem meg.

30. ábra: Testo 416 szárnykerekes légsebességmérő (saját felvétel)

4. táblázat: Légsebesség mérés eredménye (Saját készítés)

	Légsebesség mérés [m/s]			
	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés
1.	1,4	1,6	1,5	1,6
2.	1,6	2	2,1	2,5
3.	2,7	2,6	2,8	3
4.	3,3	3	3,2	3,5
5.	3,6	3,1	3,6	3,8
6.	3	3,2	3,7	3,9
7.	2,8	4	4	4
8.	1,6	1,8	2,3	2,6
Átlag	2,5	2,6625	2,9	3,1125
Össz Átlag	**2,712**			

A mérés során az első mérési pont az átmérő távolabbi pontja volt és lassan kihúzva a mérő teleszkópot próbáltam 8 helyen megmérni a légsebességet. Az eredményekből jól látható, hogy légcsatorna oldalsó falához közeledve egyre kisebb az áramlási sebesség a súrlódás következtében. A mért átlagos légsebesség **2.7 m/s**-ra adódott. Ezáltal a feltételezésem bebizonyosodott, egy nagyságrenddel kisebb légmennyiséget szívnak el a ventilátorok, mint ahogy az adatszolgáltatásban szerepelt. Az elszívott légmennyiségek ezáltal a 400mm átmérőjű légvezetéken kabinonként **1200 m3/h**-ra adódik.

7. Friss levegő igény meghatározása

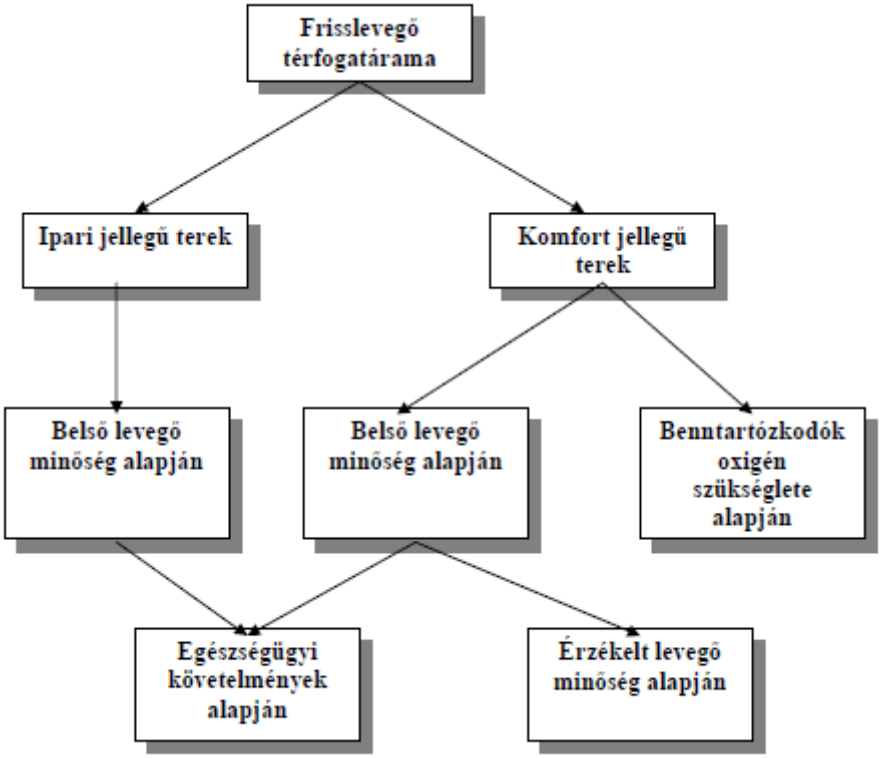
A szellőztetési rendszer tervezésének kiindulási alapját jelen esetben az előző pontban mért elszívó kabinok légszállításai adják. Mivel a legvezetési rendszernek és a légkezelőgébnek is legalább ennyi levegővel kell majd dolgoznia. A nyomástartás elérésének érdekében az elszívó ventilátornak megfelelően vissza kell tudnia szabályozni. A lent látható táblázatban a mérés alapján módosított kiindulási adatok láthatók.

5. táblázat: Kiindulási alapadatok (Saját készítés)

Szint.	Nr.	Helyiség elnevezés	Alapterület [m2]	Helyiség átlag belmagasság [m]	Fűtött légköbméter [m3]	Helyiséghőmérséklet [C°]				Személyek száma [db]	Befújt légmennyiség [m3/h]	Elszívott légmennyiség [m3/h]	Légsebesség tartózkodási zónában [m/s]
						Téli	±[1]	Nyári	±[1]				
0	1	P21 Kárpitozás	975	7,7	7507	20	±2,0	26	±2	30	na	7200 m3/h	0,2

A számításokat a Lindab tervezési segédlet alapján végeztem el. A szükséges friss levegő mennyiség meghatározásához az alábbi módszereket lehet alkalmazni MSZ CR 1752:2000 szabvány szerint. Elsőnek a tervezési kategóriát kell kiválasztani (A, B, C), majd ezt követően a módszer meghatározása következik.

1. A légzés oxigénszükséglete alapján
    a. Fejadag módszer
    b. Fajlagos alapterületre vonatkoztatott érték
2. Belső levegő minőség (BLM) követelmények szerint.
3. Egészségügyi követelmények alapján



31. ábra: A szellőző levegő frisslevegő hányadának meghatározása (Magyar T. 2004).

A frisslevegő meghatározása során mind a négy számítási módszert el fogom végezni és a legoptimálisabb frisslevegő értéket fogom választani. Az egészségügyi követelmények alapján történő számítás lesz számomra a legérdekesebb mivel oldószeres ragasztó párolgás történik az ipari légtérben.

7.1. A csarnok adatai:

Helyiség funkciója MSZ CR 1752 alapján: **Áruház, raktár (B kategória), dohányzás nem megengedett.** A szabvány kimondja, hogy a táblázatban megadott értékek más olyan légtér típushoz is használható, melyeket a táblázatban megadott légtérhez hasonló célokra használnak. Az ipari csarnokhoz leginkább közel álló épülettípust az Áruház/Raktárt választottam kiindulási alapul. A komfort kategóriák közül a „B” kategóriát határoztam meg. A tervezés során szem előtt kell tartani, hogy magasabb komfort kategória, jobb belső hőérzetet biztosít, viszont nagy mértékben megnöveli a beruházási költséget és a későbbi üzemeltetési költséget egyaránt.

6. táblázat: Komfort Kategóriák (Magyar T. 2004, Tervezési segédlet 25. oldal)

Épület/tér típusa	Aktivitási szint met	Benntartózkodók száma fő/m²	Kategória	Operatív hőmérséklet °C		Átlagos levegősebesség m/s		Hangnyomás-szint	Szellőző levegő	Szellőző levegő pótlék dohányzás esetén
				Nyári (hűtés)	Téli (fűtés)	Nyári (hűtés)	Téli (fűtés)	dB(A)	1/s·m²	1/s·m²
Áruház, raktár	1,6	0,15	A	23,0±1,0	19,0±1,5	0,16	0,13	40	4,2	-
			B	23,0±2,0	19,0±3,0	0,20	0,15	45	3,0	-
			C	23,0±3,0	19,0±4,0	0,23	0,18	50	1,6	-

- Aktivitás. 1,6 met
- Sűrűség: 0,15 fő/m2
- Csarnok hőmérséklet: nyári: 26,0 ± 2,0 °C (léghőmérséklet: 26°C)
  téli: 20 ± 2,0 °C (léghőmérséklet: 18,0°C)+
- Légsebesség: nyári: 0,2 m/s
  téli: 0,15 m/s
- Hangnyomásszint: 45 dB(A)
- Szükséges szellőztetés: $3\,\frac{l}{s \cdot m^2}$

7.1.1. A P21 Csarnok számított értékei:

- Téli transzmissziós hőveszteség: $\dot{Q}_{trt} = 97877\ W$
- Nyári transzmissziós hőterhelés: $\dot{Q}_{trny} = 63620\ W$

7.2. Helyiség alapterülete alapján

$$\dot{V}_{friss.csarnok} = 3\left[\frac{l}{s \cdot m^2}\right] \cdot 975[m^2] = 2925\frac{l}{s} = 10530\frac{m^3}{h}$$

$$\dot{V}_{friss.összes} = 10530\frac{m^3}{h}$$

7.3. Helyiségben tartózkodó létszám alapján

B kategória esetén 3 l/s friss levegőre van szükség személyenként. 20 % dohányzás esetén kétszeres, 40 % dohányzás esetén háromszoros szorzót kell alkalmazni. Jelen esetben a csarnokban a dohányzás nem megengedett.

$$\dot{V}_{friss} = 3\ [l/s \cdot fő] \cdot 30\ fő = 90[l/s] = 324\,[m^3/h]$$

7.4. Szükséges szellőző levegő térfogatáram a komfortérzet alapján

A bent tartózkodó személyek okozta szennyezési terhelést az MSZ CR 1752:2000 szabvány 40. oldalán található táblázatból kiválasztjuk a nem dohányzó csarnokban, fizikai munkát végző emberek személyenkénti szennyezőanyagkibocsátását Alacsony fizokaiaktivitás: 3 met

7. táblázat: A bent tartózkodó személyek okozta szennyezési terhelés (MSZ CR 1752:2000)

	Érzékelhető szeny-nyezési terhelés olf/bent tartózkodó személy	Széndioxid l/(hxbent tartózkodó személy)	Szénmonoxid[a)] l(hxbent tartóz-kodó személy)	Vízgőz[b)] g/(hxbent tartózkodó személy)
Ülő, 1-1,2 met				
0 % dohányzó	1	19		50
20 % dohányzó [c)]	2	19	$11x10^{-3}$	50
40 % dohányzó [c)]	3	19	$21x10^{-3}$	50
Fizikai aktivitás				
Alacsony szintű, 3 met	4	50		200
közepes szintű, 6 met	10	100		430
magas szintű (atléták), 10 met	20	170		750

- Forráserősség: 4 olf/fő
- CO_2: 50 l/h/fő
- Nedvesség: 200 g/h/fő

$$G_{emberi} = 4\left[\frac{olf}{fő}\right] \cdot 30\ [fő] = 120\ olf$$

7.5. Az épület által kibocsátott szennyezőanyag forráserősségének meghatározása

Az MSZ CR 1752:200 szabvány 41. oldalán található táblázatból kiválasztjuk a csarnok szennyezőanyag kibocsátását.

Csarnok (Szennyezett): 1 olf/m^2 padló

$$G_{terem} = 0{,}2 \left[\frac{olf}{m^2\ padló}\right] \cdot 975\ [m^2] = 195\ olf$$

7.5.1. Teljes forráserősség a helyiségben

$$G_{összes} = G_{emberi} + G_{terem} = 120 + 195 = 315\ olf$$

7.5.2. Megkövetelt levegő minősége

Az MSZ CR 1752:2000 35. oldaláról kiválasztjuk az érzékelt beltéri levegőminőséget a három kategória közül.

8. táblázat: Beltéri levegőminőség (MSZ CR 1752:2000)

Kategória	Érzékelt levegőminőség		Szükséges szellőztetési ütem[1)] l/s x olf
	Elégedetlenek %	dp	
A	15	1,0	10
B	20	1,4	7
C	30	2,5	4

- Elégedettlenség: 20%
- Érékelhető levegőminőség: 1,4 dp
- Szükséges szellőztetés: 7 $\frac{1}{s \cdot olf}$

7.5.3. Külső levegő minőség meghatározás

Az MSZ CR 1752:2000 szabvány 43. oldalán található táblázatból kiválasztjuk a külső levegő szennyezettségi adatait városi, jó levegő esetén.

- Érzékelt levegő minősége: <0,1 dp
- CO_2 700 mg/m^3
- CO 1-2 mg/m^3
- NO_2 5-20 µg/m^3
- SO_2 5-20 µg/m^3

- Porszemcsék 40-70 μg/m^3

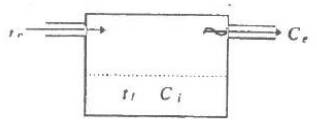
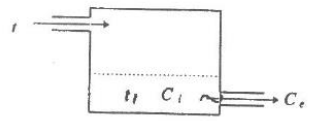
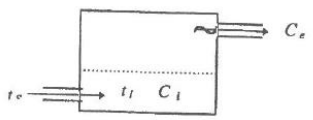
9. táblázat: Kültéri levegőminőség szintek (MSZ CR 1752:2000)

	Érzékelt levegő minőség dp	Légszennyező anyagok				
		Szén-dioxid mg/m^3	Szén-monoxid mg/m^3	Nitrogén-dioxid μg/m^3	Kéndi-oxid μg/m^3	Szemcsés anyagok μg/m^3
Kiváló	0	680	0-0,2	2	1	<30
Városokban, jó levegő minőség	<0,1	700	1-2	5-20	5-20	40-70
Városokban, gyenge levegő minőség	>0,5	700-800	4-6	50-80	50-100	>100

7.5.4. Szellőzési hatásosság meghatározása

Az MSZ CR 1752:2000 szabvány 101. oldala alapján meghatározzuk a szellőzés hatásosságát. A hatásosság függ a befúvás és elszívás helyétől illetve a belső léghőmérséklet és a befújt levegő hőmérsékletétől felső befúvást és felső elszívást feltételezve. A bent tartózkodók számára valójában a légzési zónában lévő levegőminőség a fontos. A szellőztetés hatásossága függ az adott helyiség légvezetési rendszerétől és a szennyezőanyag források helyétől.

10. táblázat: Szellőzés hatásossága (MSZ CR 1752:2000)

Keveréses szellőztetés 		Keveréses szellőztetés 		Térfogat-kiszorításos szellőztetés 	
Hőmérséklet-különbség a betáplált levegő és a légzési zónában lévő levegő között $f_s - f_i$ °C	Szellőztetés hatékonysága	Hőmérséklet-különbség a betáplált levegő és a légzési zónában lévő levegő között $f_s - f_i$ °C	Szellőztetés hatékonysága	Hőmérséklet-különbség a betáplált levegő és a légzési zónában lévő levegő között $f_s - f_i$ °C	Szellőztetés hatékonysága
< 0	0,9 – 1,0	< -5	0,9	< 0	1,2 – 1,4
0 – 2	0,9	-5 – 0	0,9 – 1,0	0 – 2	0,7 – 0,9
2 – 5	0,8	> 0	1,0	>2	0,2 – 0,7
>5	0,4 – 0,7				

ε = 0,9, mert $t_{szellőző} > t_{belső}$ hőmérséklet. A szellőzés hatásosságát ellenőrizni kell a kiválasztott légvezetési rendszer alapján.

A szükséges frisslevegő mennyisége:

$$\dot{V}_{friss} = 10 \cdot \frac{G_{összes}}{c_{belső} - c_{külső}} \cdot \frac{1}{\epsilon} = 10 \cdot \frac{315}{1{,}4 - 0{,}1} \cdot \frac{1}{0{,}9} = 2692 \left[\frac{l}{s}\right] = 9692 \left[\frac{m^3}{h}\right]$$

7.6. Frisslevegő igény meghatározása egészségügyi követelmények alapján

Mivel a szellőztetett térben oldószeres ragasztási folyamat is történik, ezért a legfontosabb az egészségügyi követelmények alapján is meghatározni a frisslevegő igényt. Többféle szennyező anyag jelenléte esetén valamennyi szennyezőre külön-külön meg kell határozni a friss levegő mennyiséget és az így számított légmennyiségek közül a legnagyobb lesz a friss levegő térfogatárama.

$$\dot{V}_{friss} = \frac{M}{k_{MAK} - k_a}$$

- M: A szennyezőanyag térbe jutó tömegárama [mg/h]
- k_{MAK} Max megengedett szennyezőanyag koncentráció [mg/m^3]
- k_a: A friss levegőben meglévő szennyezőanyag koncentráció [mg/m^3]

A ragasztó kabinok közelében tartózkodva jelentősen érzékelni lehet az oldószer szaghatását a levegőben. A kellemetlen szagok is légszennyező anyagoknak számítanak. Ezek nem okoznak maradandó károsodást, csak pszichikai érzeten alapuló befolyáltságot. Az Aceton szagküszöbértéke például 96,8 mg/m^3. Ez az érték a szaganyag az a legkisebb koncentrációja, amely szaghatás keltésére elegendő ingert vált ki a megfigyelő receptoraiból. Az alábbi táblázat a szerves oldószerek határértékeit mutatják munkahelyi levegőben.

Megengedett átlagos koncentráció, ÁK: Egy műszakra megengedett átlagos koncentráció, amely a dolgozó egészségére általában nem fejt ki káros hatást.

Megengedett csúcskoncentráció, CK: (rövid ideig megengedhető legnagyobb levegőszennyezettség): egy műszakon belül, az ÁK értéket meghaladó legnagyobb koncentráció. A CK-értékek 15 perc referenciaidőre vonatkoznak.

Maximális koncentráció, MK: a műszak során eltűrt legmagasabb koncentráció, a maximális koncentrációban végzett munka esetében a dolgozó teljes munkaképes élete során (18-62 évig) a potenciális halálos kimenetelű egészségkárosító kockázat. A határérték 8 órás referencia időre vonatkozik.

11. táblázat: Illékony szervez anyagok a levegőben (Ritz Ferenc 2016)

Oldószer	ÁK (mg/m^3)	CK (mg/m^3)	MK (mg/m^3)	Szagküszöb érték (mg/m^3)
Aceton	1210	2420		96,8
Benzol			3	100,5
1,2 Diklórbenzol	122	306		300
Foszgén	0,08	0,4		2,03
Diklór-metán	10	10	-	
Etilacetát	1400	1400	-	
Etanol	1900	7600	-	93
Izopropanol	500	2000	-	
Kloroform	10	10	-	892
Tetrahidrofurán	150	300	-	
Toluol	190	760	-	

A szennyező anyagok megengedett koncentrációjáról az „**5/2020. (II.6.) ITM a kémiai kóroki tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének és biztonságának védelméről”** rendelet értekezik. A rendelet a munkahelyen jelen lévő vagy a munkafolyamat során felhasznált veszélyes anyagokból eredő egészségi és biztonsági kockázatok elkerüléséhez vagy csökkentéséhez szükséges minimális intézkedést határozza meg. Az üzemeltetéstől kapott levegőterhelésre vonatkozó adatszolgáltatás alapján Zeluflex oldószeres ragasztót használnak a munkafolyamat során. Ezt a ragasztóanyagot szórópisztollyal fiszik fel a felületre. A ragasztóanyag szórópisztolyos alkalmazása megnöveli a káros anyagok légtérbe jutását. Az apró részecskékre bontott folyékony ragasztó cseppekből könnyedén el tudnak párologni az illékony szervez anyagok a beltéri meleg levegővel találkozva. A ragasztóban található veszélyes anyagok koncentrációját a levegőben rendszeresen mérik és ellenőrzik. A 2021-es évre vonatkozó levegőterhelés mérés adatai az alábbi táblázatban láthatók. A 2021-es évben 4742 kg ragasztót használt fel az üzem, a munkafolyamatok során.

12. táblázat: Oldószeres ragasztó elszívások, emissziók (Üzemeltetői adatszolgáltatás)

Elszívások, emissziók (oldószeres ragasztók)							
Helye	T - P	Oldószer		Elszívás	Tömegáram	Koncentráció	Éves kibocs.
	techn. - pontf.	kód	név	m3/h	kg/h	mg/m3	kg/év
A kabin	1 - 5	307	I-propanol	9 270	0,007500	0,809	6,08
A kabin	1 - 5	321	Etil-acetát	9 270	0,011000	1,187	8,91
A kabin	1 - 5	152	Xilol	9 270	0,000001	0,000	0,00
A kabin	1 - 5	500	Benzin	9 270	0,008400	0,906	6,80
B kabin	1 - 6	307	I-propanol	13 320	0,236000	17,718	202,96
B kabin	1 - 6	321	Etil-acetát	13 320	0,274200	20,586	235,81
B kabin	1 - 6	152	Xilol	13 320	0,000800	0,060	0,69
B kabin	1 - 6	500	Benzin	13 320	0,156800	11,772	134,85
C-D kabin	1 - 7	307	I-propanol	7 310	0,004000	0,547	2,84
C-D kabin	1 - 7	321	Etil-acetát	7 310	0,006200	0,848	4,41
C-D kabin	1 - 7	152	Xilol	7 310	0,000000	0,000	0,00
C-D kabin	1 - 7	500	Benzin	7 310	0,015000	2,052	10,67
C-D kabin	1 - 8	307	I-propanol	8 740	0,176100	20,149	125,21
C-D kabin	1 - 8	321	Etil-acetát	8 740	0,213700	24,451	151,94
C-D kabin	1 - 8	152	Xilol	8 740	0,000600	0,069	0,43
C-D kabin	1 - 8	500	Benzin	8 740	0,067600	7,735	48,06
E kabin	1 - 10	307	I-propanol	11 140	0,453200	40,682	107,41
E kabin	1 - 10	321	Etil-acetát	11 140	0,528200	47,415	125,18
E kabin	1 - 10	152	Xilol	11 140	0,001100	0,099	0,26
E kabin	1 - 10	500	Benzin	11 140	0,282300	25,341	66,91

A táblázatból jól látható, hogy a mérés során 4 különböző oldószer térbe jutó tömegáramát vizsgálták. A továbbiakban mind a 4 szennyezőanyag esetében ki fogjuk számítani a szükséges friss levegő mennyiséget és a legnagyobbat fogjuk alkalmazni. Az alábbi táblázatban láthatók a veszélyes anyagok munkahelyi levegőben megengedett határértékei az **5/2020. (II. 6.) ITM** rendelet I. mellékletének alapján. A számítás során a CK értékkel fogok kalkulálni, ami a megengedett csúcskoncentráció értéke. A frisslevegő igény megállapításához a képletben szükséges megállapítani a friss levegőben meglévő szennyezőanyag koncentrációt is. Ennél a szennyezőanyagnál feltételezhetjük, hogy 0 mg/m3 található belőle a városi levegőben.

13. táblázat: Megengedett koncentrációk (5/2020. (II.6.) ITM)

Sorszám	Megnevezés	CAS-szám	ÁK-érték mg/m3	ÁK-érték ppm	CK-érték mg/m3	CK-érték ppm	Jellemző tulajdon- ság	Hivat- kozás	ÁK kor- rekciós csoport
218	1-Propanol	34590-94-8	308	50				EU1	R
114	ETIL-ACETÁT	141-78-6	734	200	**1468**	400	i, sz	EU4	N
315	XILOL	1330-20-7	221	50	**442**	100	b, BEM	EU1	R
1203	Benzin	8032-32-4	180	50	**720**	100	b, BEM	EU4	N

$$\dot{V}_{friss} = \frac{M}{k_{MAK} - k_a}]$$

Az összes szennyezőanyag tömegáram és a helyiségben megengedett csúcskoncentráció ismeretében kiszámítottam a szükséges friss levegő mennyiségeket. Az alábbi táblázatban láthatók a friss levegő szükség értékek.

14. táblázat: Friss levegő mennyiség szennyező anyag alapján (saját készítés)

Oldószer		Össz Tömegáram	CK-érték	V-friss
kód	név	kg/h	mg/m3	m3/h
307	I-propanol	0,877		
321	Etil-acetát	1,033	1468	**703,8828338**
152	Xilol	0,003	442	1,703678474
500	Benzin	0,530	720	361,1035422

Látható, hogy a szennyező anyagok közül az Etil-acetátnál kaptam a legnagyobb friss levegő szükségletet, azért mert ez az anyag szabadul föl a legnagyobb tömegáramban. A kis frisslevegő mennyiség annak tudható be, hogy a szennyező anyagból csak csekély mennyiség kerül a levegőbe, ezért kevés frisslevegővel is az egészséges határértéken belül lehet tartani az értéket.

7.7. A szükséges frisslevegő mennyiség

Számítás útján többféle képpen meghatároztam a szükséges frisslevegő mennyiséget és az alábbitáblázatban ezeket foglalom össze.

15. táblázat: Friss levegő mennyiségek (Saját készítés)

Módszer	Számított friss levegő [m3/h]
Helyiség alapterülete alapján:	10530
Helyiségben tartózkodók alapján:	324
Belső levegő minőség alapján:	9692
Egészségügyi követelmények alapján:	704

A számítási eredményeket és a beruházói igyényeket figyelembe véve a szükséges szellőző levegő mennyiséget 10.000 m3/h-ra választom.

A további számításokban ezzel a friss levegővel fogok számolni:

$$\dot{V}_{friss} = \mathbf{10000}\ [m^3/h]$$

P21 Csarnok: 975 $[m^2]$ ·7,7 [m] = 7507 $[m^3]$

A méretezett szellőzés 14500 m3/h levegővel fog történni, tehát 31% visszakeveréssel. Ezt az értéket a technológiai elszívások összes légmennyisége indokolja, ami 7200 m3/h. A légkezelő berendezés elszívó ventilátora 50%-ig tud visszaszabályozni. A rendszernek akkor is üzembiztosan működnie kell, ha huzamosabb ideig mind a 6db technológia elszívás működik.

Tehát: $\boldsymbol{V_{szell} > V_{friss}}$

A helyiség légcsere száma:

$$n = \frac{\dot{V}_{sz}}{V_H} = \frac{14500}{7507} = 1{,}93\,\frac{l}{h}$$

7.8. Az üzem nedvességterhelésének meghatározása

Az üzem nedvességterhelése származhat az emberek által kibocsátott és a helyiségben lévő szabad vízfelületekből párolgó vízgőzből.

<u>Az eredő nedvességterhelés képlete:</u>

$$\sum \dot{m}_{víz} = \dot{m}_{emberek} + \dot{m}_{vízgőz}\left[\frac{kg}{s}\right]$$

A mi esetünkben az eredő nedvességterhelés megegyezik az emberek által kibocsájtott vízgőzzel, mivel szabad vízfelület nem található a helyiségben. Figyelembe véve, hogy a bent tartózkodó személyek könnyű fizikai munkát végeznek, 1 felnőtt vízgőzterhelése 200 [g/h fő]

<u>Nedvességterhelés méretezési állapotban:</u>

$$\Sigma\dot{m}_v = 200 \cdot 30 = 6000\,\frac{g}{h} = 6\,\frac{kg}{h} = 0{,}001667\,\frac{kg}{s}$$

<u>Az üzem hőigénye téli állapotban</u>

$$\dot{Q}_{ö} = \dot{Q}_{csarnok} = 93984\ W = 93{,}984\ kW$$

<u>Az üzem hőnyeresége nyári állapotban</u>

$$\dot{Q}_{ö} = \dot{Q}_{csarnok} = 67955\ W = 63{,}620\ kW$$

7.8.1. Iránytényező meghatározása

Az állapotváltozás iránytényezőjének meghatározásához a fent meghatározott nyári hőterhelést és a téli hőveszteséget elosztjuk az imént meghatározott eredő nedvességterheléssel.

Nyári esetre az iránytényező:

$$\left(\frac{\Delta h}{\Delta x}\right)_{Nyári,üzem} = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum \dot{m}_v} = \frac{63{,}620}{1{,}667 \cdot 10^{-3}} = 40\ 765 \frac{kJ}{kg}$$

A 40 765 [kJ/kg]-os irányjelző meredeksége a h-x diagramon való ábrázolás során megközelíti a +∞-es irányjelző meredekségét, így az egyszerűbb számolás és ábrázolás érdekében a +∞-hez tartozó irányjelzővel fogok számolni.

Téli esetre az iránytényező:

$$\left(\frac{\Delta h}{\Delta x}\right)_{Nyári,üzem} = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum \dot{m}_v} = \frac{-93{,}984}{1{,}667 \cdot 10^{-3}} = -56{,}379 \frac{kJ}{kg}$$

A 56 379 [kJ/kg]-os irányjelző meredeksége a h-x diagramon való ábrázolás során megközelíti a -∞-es irányjelző meredekségét, így az egyszerűbb számolás és ábrázolás érdekében a -∞-hez tartozó irányjelzővel fogok számolni.

7.9. Belső légállapotok meghatározása

A légmennyiség meghatározásához előzetesen felveszek nyári és téli állapotra vonatkozó légállapotokat.

Levegő fajlagos entalpiájának képlete:

$$h = c_p \cdot t + x \cdot \left(c_{pvg} \cdot t + r_0\right) \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

Levegő abszolút nedvességtartalmának képlete:

$$x = 0{,}622 \cdot \left(\frac{P_v}{P_ö - P_v}\right)$$

A levegő légállapotának meghatározását a Bausoft h-x kalkulátorral végeztem.

7.9.1. Nyári légállapot

t belső nyár [°C]	φ relatív páratartalom belső nyár [%]	h belső nyár [kJ/kg]	x belső nyár [g/kg]
26	50	52,75	10,5

A metszéspontban kialakuló légállapot

t szellőző nyár [°C]	φ relatív páratartalom szellőző nyár [%]	h szellőző nyár [kJ/kg]	x szellőző nyár [g/kg]
22	55	45,02	9,057

t távozó nyár [°C]	φ relatív páratartalom távozó nyár [%]	h távozó nyár [kJ/kg]	x távozó nyár [g/kg]
28	39	51,45	9,1

7.9.2. Téli légállapot meghatározása

t belső tél [°C]	φ relatív páratartalom belső tél [%]	h belső tél [kJ/kg]	x belső tél [g/kg]
18	50	34,22	6,4

t szellőző tél [°C]	φ relatív páratartalom szellőző tél [%]	h szellőző tél [kJ/kg]	x szellőző tél [g/kg]
18	50	34,22	6,4

t távozó tél [°C]	φ relatív páratartalom szellőző tél [%]	h szellőző tél [kJ/kg]	x szellőző tél [g/kg]
18	48	34,47	6,3

A távozó levegő állapota a nyári állapotban meghatározott szellőző levegőtől fog függeni.

Szellőzéssel bevitt hőmennyiségek meghatározása

Az alábbiakban azt fogom meghatározni, hogy mekkora fűtési és hűtési hőmennyiséget tudunk bevinni az előző fejezetben kiszámolt szellőző levegővel. Mivel a csarnokban gazdasági okokból nem célszerű a mostani légmennyiség többszörösére légtechnikai rendszert méretezni, ezért légtechnikával csak a szükséges hőmennyiségek egy részét fogjuk tudni biztosítani. A megfelelő léghőmérsékletű komfortot egyéb fűtő és hűtő rendszer fogja biztosítani.

Nyári állapotban a szellőzéssel bevitt hűtési energia::

$$\sum \dot{Q} = \dot{V}_{sz,Nyár} \cdot (h_{távozó} - h_{szellőző}) \cdot \rho_{sz} = \frac{14500}{3600} \cdot (51{,}45 - 45{,}02) \cdot 1{,}2 = 31{,}08\ kW$$

Téli állapotban a szellőzéssel bevitt fűtési energia:

$$\sum \dot{Q} = \dot{V}_{sz,Nyár} \cdot (h_{távozó} - h_{szellőző}) \cdot \rho_{sz} = \frac{14500}{3600} \cdot (38{,}43 - 34{,}22) \cdot 1{,}2 = 20{,}35\ kW$$

8. A Kárpitozó üzem légvezetési rendszerének meghatározása

A helyiségbe bevezetett levegő a helyiség levegőjétől jól meghatározható, karakterisztikus mozgásra kényszeríti (primer és szekunder mozgások), ezek összességét a helyiség légvezetési rendszerének (LVR) nevezzük. A LVR kiválasztásához az Archimedesi szám meghatározására van szükség. Az Archimedesi szám függ a helyiség geometriai méretétől, befújt légmennyiségtől és belső hőmérséklettől.

8.1. Az üzeme vonatkoztatott Archimedesi szám meghatározása

$$Ar_T = g \cdot \frac{1}{T_1 \cdot \rho \cdot c_{pkev}} \cdot \left(\frac{\dot{q}}{H^2}\right) \cdot \left(\frac{1}{n^3}\right)$$

ahol:

- g gravitációs gyorsulás (=9,81 m/s^2)
- T_1 szellőző levegő hőmérséklete (nyáron: 295 K, télen 293 K)
- ρ levegő sűrűsége (=1,19 kg/m^3 20°C-on)
- H a terem magassága (7,7 m)

- n légcsereszám (1/s)

Fajlagos hőáram számítása

Télen: $\dot{q}_T = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum A} = \frac{20350}{975} = 20{,}87 \frac{W}{m^2}$

Nyáron: $\dot{q}_{Ny} = \frac{\sum \dot{Q}}{\sum A} = \frac{31080}{975} = 31{,}88 \frac{W}{m^2}$

Közepes izobár fajhő (c_{pkev}) számítása:

$$c_{pkev} = c_{p,Nyár} + c_{pvg} \cdot x = 1{,}0132 + 1{,}83 \cdot 0{,}009 = 1{,}02994 \frac{kJ}{kg \cdot K} = 1030 \frac{J}{kg \cdot K}$$

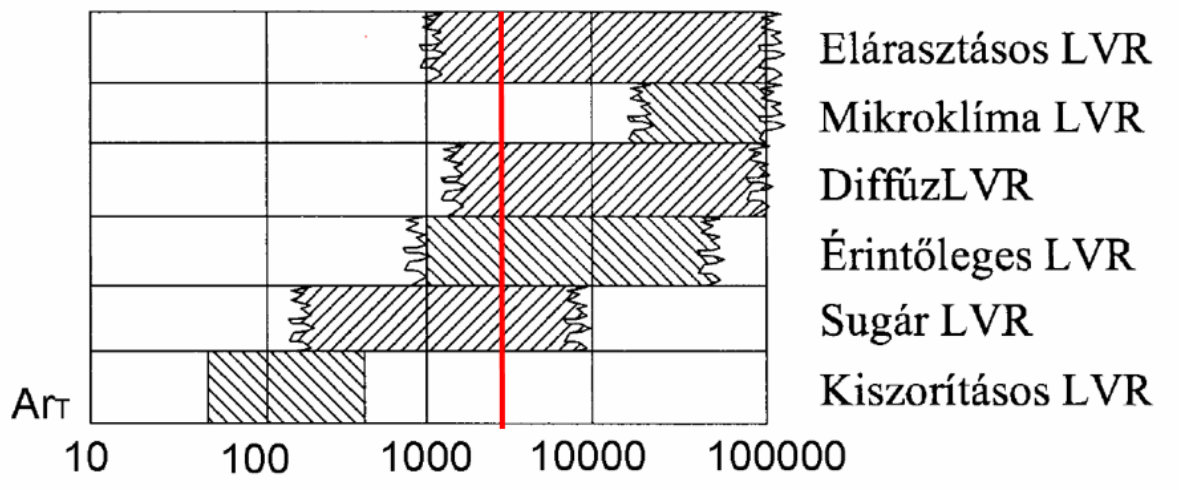
8.1.1. Archimedesi szám nyári esetben:

$$Ar_T = g \cdot \frac{1}{T_1 \cdot \rho \cdot c_{pkev}} \cdot \left(\frac{\dot{q}}{H^2}\right) \cdot \left(\frac{1}{n^3}\right) = 9{,}81 \cdot \frac{1}{295 \cdot 1{,}19 \cdot 1030} \cdot \frac{31{,}88}{6^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1{,}93}{1000}\right)^3} = 3342$$

8.1.2. Archimedesi szám téli esetben:

$$Ar_T = g \cdot \frac{1}{T_1 \cdot \rho \cdot c_{pkev}} \cdot \left(\frac{\dot{q}}{H^2}\right) \cdot \left(\frac{1}{n^3}\right) = 9{,}81 \cdot \frac{1}{293 \cdot 1{,}19 \cdot 1030} \cdot \frac{20{,}87}{6^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1{,}93}{1000}\right)^3} = 2202$$

A légvezetési rendszert az alábbi diagramm segítségével fogom kiválasztani. Az 1000-10 000 érték közé eső szám jött ki a képletbe való behelyettesítés után. Ebben a tartományban 4 légvezetési rendszer ajánlott alkalmazni. Ipari létesítményekben, gyártó területeken az Elárasztásos és a Diffúz légvezetési rendszer alkalmazása a legelterjedtebb. Mivel felső befúvást és elszívást szeretnék megvalósítani ezért a Diffúz Légvezetési rendszert választom.

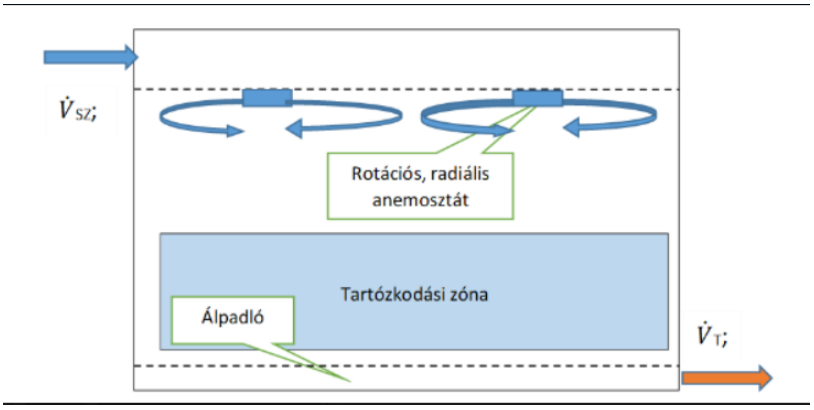


32. ábra: Archimedesi szám (Magyar T. 2004)

8.2. Diffúz Légveztési rendszer

„A Diffúz légvezetési rendszeren olyan helyiségáramlás értendő, ahol a szellőzőlevegő bevezetése a tartózkodási zónában vagy közvetlen közelében erősen induktív módon történik. A szellőzőlevegő sebessége – a helyiség levegőjével való intenzív keveredés következtében – annyira lecsökken, hogy a tartózkodási zónában huzatjelenség fellépésének esélye csekély. Így a hőérzet szempontjából kritikus helyeken egyenletes, azaz diffúz légmozgás figyelhető meg (innen származik az elnevezés). Elvileg ezzel a légvezetési rendszerrel optimális viszonyok valósíthatók meg a helyiségben. A diffúz légvezetési rendszer elvi kialakítását mutatja. A szellőzőlevegőt az álmennyezetre szerelt rotációs anemosztáton keresztül visszük be a helyiségbe. A bevezetett levegő perdülettel lép be a mennyezet síkja alatt, radiális irányban. A fő irányra merőleges sebesség komponens, forgó mozgásra kényszeríti a helyiség nyugvó levegőjét. Ez az összetett forgó-haladó mozgás a primer áramlás pályáját meghosszabbítja, másrészt intenzív keveredést hoz létre a helyiség levegőjével. Következésképpen a bevezetett levegő mire eléri a tartózkodási zónát, a sebességét elveszti, a sebességmező homogén lesz és

a hőmérséklete is kiegyenlítődik. Ez utóbbi nagymértékben csökkenti a huzatérzet kialakulását.”(Magyari T. 2004)

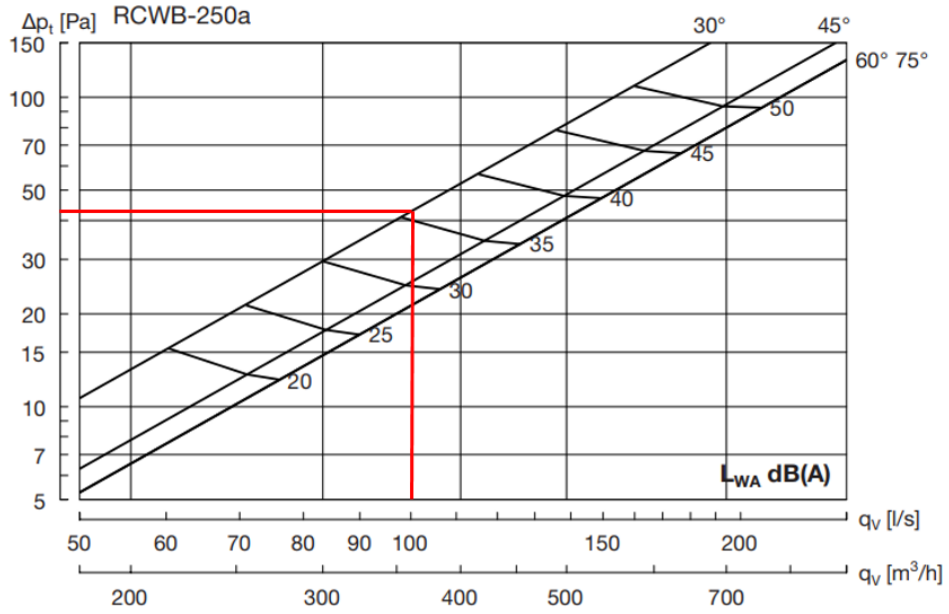


33. ábra: Rotációs anemosztát (Magyar T. 2004)

9. A légvezetési rendszer alapján anemosztátok kiválasztása

A légcsatorna hálózatok végső elemei azok a rácsok, szelepek, zsaluk, amelyeken keresztül a levegő befúvásra és elszívásra kerül. Mivel az optimális légcseréhez szükséges levegőmennyiség mozgása huzatérzetet kelthet. A huzatérzet elkerülése érdekében a különféle technikai megoldások széles skálán mozognak.

A levegő bejuttatására diffúz légvezetési rendszer kerül betervezésre. Az általam választott anemosztát a Lindab RCWB rotációs befúvó. Ez a befúvó különösen alkalmas nagy belmagasságú létesítményekhez. A befúvó állítható lamellákkal van felszerelve, így a befújt levegő iránya vízszintesből függőlegesre állítható. Ez a funkció manuálisan és automatikusan is állítható motoros lamellák esetében. A motoros modelleket 30°-70°-os lamellabeállításokkal lehet használni. Hűtés esetén széles vízszintes légvetés állítható be, míg fűtés mellett a lefelé irányuló hegyes, koncentrált szögű kúp befúvási beállítása a lényeges. Ezen tulajdonsága miatt ezt az örvény diffúzort a 4 m magassággal megegyező, vagy afeletti alkalmazáshoz használják A motoros változatokban az RCWB elektromos nyit/zár motorral, moduláló motorral vagy termofejjel szállítható, ahol a légsugár alakját a befújt levegő hőmérsékletével összhangban lehet módosítani. A lenti ábrán az RCWB-250 ipari örvénybefúvó nyomásesés-légszállítás diagramja látható. Az üzembe 20 db befúvó anemosztát került betervezésre, egyenként 362,5 m3/h levegőt juttatnak a helyiségbe. Az diagramról leolvasható, hogy attól függően milyen lapát szöget állítunk be 22 és 42 Pa közé esik a nyomásesés az anemosztáton. A nyomásesés növekedésével a zajhatás is növekszik, 23-35 dB(A) közé esik, lapátszög beállítástól függően.



Hz	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
K_{ok}	5	0	-5	-4	-3	-9	-17	-26

34. ábra: RCWB Nyomás-Légszállítás diagram

A levegő elszívása 8 db Airvent DH 600x300-as elszívó rácson történik, egyenként 1812,5 m3/h levegőt szívnak el, kiegyenlített szellőzés esetén. Az elszívó ág a technológiai ragasztó kabinok fölött helyezkedik el.

Ahhoz, hogy a légtechnikai rendszeren belül mindenhova a megfelelő térfogatáramú levegő jusson beszabályozó zsalukat kell beépíteni a légcsatorna hálózatba. Beszabályozásra a Lindab DRU típusú szabályozó zsaluit választottam. A zsaluk méretét a hozzá kapcsolt csőátmérővel megegyezőleg választottam.

10. A huzat kritérium ellenőrzése

A huzatkritériumra való ellenőrzés fontos, hogy meg tudjuk állapítani a kiválasztott anemosztátokból kilépő levegő fizikai tulajdonságai a tartózkodási zónába érve hogyan befolyásolják majd az ott tartózkodók komfortérzetét. A DIN EN 1946-szerint huzatkritériumot a DR (Draught Rate) elégedetlenségi mutató szerint határozza meg. A Draught Rate azt mutatja meg, hogy a benn tartózkodóknak várhatóan hány százaléka lesz elégedettlen a huzathatással. A levegő 3 fizikai jellemzőjét vizsgálja: levegő hőmérsékletét, áramlás közepes sebességét és a turbulencia fokát

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v - 0{,}05)^{0{,}62} \cdot (0{,}37 \cdot v \cdot Tu + 3{,}14)\ [\%]$$

Ahol:

- t_a- levegő hőmérséklete C fokban
- v- levegő sebessége m/s-ban
- Tu- levegő turbulenciája (40%-ot feltételezve)

<u>Huzat kritérium:</u>

Nyári állapotra ellenőrzöm, ahol a szellőző levegő 22°C, a közepes légsebességet a Lindab méretező programjával az előzőekben meghatároztam 0,1 m/s-ban és a turbulencia fokát keveredéses LVR-nél 40-50%-ban szokták becsülni, én 40%-kal számolok:

$$DR = (34 - 22) \cdot (0{,}1 - 0{,}05)^{0{,}62} \cdot (0{,}37 \cdot 0{,}1 \cdot 40 + 3{,}14) = 8{,}65 < 20\,\%$$

16. táblázat: DR kategóriák (MSZ-EN-16798-1-2019)

Kategóriák	DR [%]
I.	10
II.	20
III.	30

Ez alapján az I-es kategóriába tartozik, tehát a választott befúvóval biztosítani lehet a megfelelő huzat kritériumot.

11. Légkezelő egység méretezése és kiválasztása

A kárpitozó üzemet kiszolgáló légkezelő feladata a levegő szűrése, fűtése, hűtése és az állandó belső nyomás tartása. Ezek alapján a légkezelő a következő elemekből épül fel.

- Szűrő G4
- Keresztáramú hővisszanyerő
- Keverőkamra
- Ventilátor
- Vizes fűtőegység (40/35 30% glycol)
- Vizes hűtőegység (7/12 30% glycol)
- Párásító berendezés

A légkezelő berendezésnek több működési állapota lesz, annak függvényében, hogy milyen gyártási folyamatok zajlanak az üzemben. A működési állapotok fő befolyásoló tényezője, hogy éppen hány darab technológiai elszívás üzemel egy időben. A méretezést a legkedvezőtlenebb üzemállapotra végeztem el, amikor mind a 6db technológiai elszívás üzemel, mivel energetikailag ilyenkor lesz a legnagyobb teljesítményigénye a légkezelőnek. Ebben az üzemállapotban az alábbi értékek vehetők figyelembe.

- Befúvás: 14500 m3/h
- Elszívás: 7300 m3/h
- Visszakeverés: 4500 m3/h

11.1. Keresztáramú hővisszanyerő

A belépő friss levegő a szűrőt követően a keresztáramú hővisszanyerőbe érkezik. Itt a hővisszanyerő elem lemezes kialakításának köszönhetően az elszívott levegő átadja hőenergiájának egy részét a beszívott friss levegőnek, ezáltal előmelegítve azt. A hővisszanyerés hatásfoka a korszerű berendezések esetében elérheti a 80-90%-ot is. A hővisszanyerés valós szenzibilis hatékonysága a mi esetünkben ettől jelentősen el fog maradni,

mivel ebben az üzemállapotban kétszer akkora befúvott levegő mennyiség van, mint elszívott. Méretezésnél téli esetben 18 °C-os elszívott levegővel és 34%-os hatásfokkal, míg nyáron 28 °C-os elszívott léghőmérséklettel és szintén 34%-os hatásfokot feltételezve számolok. A keresztáramú hővisszanyerő hatásfok ismeretében meghatározható a hővisszanyerő utáni léghőmérséklet.

$$t = \eta \cdot (t_t - t_k) + t_k$$

Ahol:

- η hővisszanyerő hatásfok [%]
- t_t: távozó levegő hőmérséklet [°C]
- t_k:külső levegő hőmérséklet [°C]

<u>Nyári esetben:</u>

$$0{,}34 \cdot (28 - 35) + 35 = 32{,}62\ °C$$

<u>Téli esetben:</u>

$$0{,}34 \cdot \big(18 - (-13)\big) + (-13) = -2{,}46\ °C$$

11.2. Keverőkamra

A hővisszanyerő után a levegő a keverőkamrába jut, ahol bizonyos mértékben keveredik az elszívott levegővel. A kevert levegő entalpiáját és nedvességtartalmát megkapjuk a távozó és a hővisszanyerő utáni levegő arányának függvényében:

$$h_{1'} = \frac{\dot{V}_{kevert} \cdot h_T + V_{friss} \cdot h_K}{V_{szellőző}} \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$x_{1'} = \frac{\dot{V}_{kevert} \cdot x_T + V_{friss} \cdot x_K}{V_{szellőző}} \left[\frac{g}{kg}\right]$$

<u>Nyári esetben:</u>

$$h_{1'} = \frac{4500 \cdot 51{,}45 + 10000 \cdot 67{,}45}{14500} = 62{,}48 \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$x_{1'} = \frac{4500 \cdot 9{,}1 + 10000 \cdot 13{,}6}{14500} = 12{,}2 \left[\frac{g}{kg}\right]$$

A h-x diagramról leolvasva a légállapot t=31,3 °C, $\varphi = 42{,}7$ [%]

<u>Téli esetben</u>

$$h_{1'} = \frac{4500 \cdot 34{,}22 + 10000 \cdot 0{,}09}{14500} = 10{,}68 \left[\frac{kJ}{kg}\right]$$

$$x_{1'} = \frac{4500 \cdot 6{,}4 + 10000 \cdot 1{,}037}{14500} = 2{,}7 \left[\frac{g}{kg}\right]$$

A h-x diagramról leolvasva a légállapot t=3,9 °C, $\varphi = 54$ [%]

11.3. Ventilátor

A keverőkamra után következő elem a ventilátor. Ez az egység biztosítja a megfelelő mennyiségű és nyomású levegő áramlását a légkezelő elemein keresztül az anemosztátokig. A méretezéséhez a légcsatorna-hálózat nyomásesésére és a légkezelő berendezés belső össznyomásesésére van szükség. A ventilátor munkapontjának ellenőrzésére még később vissza fogok térni.

Nyomó oldal: $\Delta p_{össz} = 300\ Pa$

Szívó oldal: $\Delta p_{össz} = 300\ Pa$

11.4. Vizes fűtőegység/hűtőegység

A vizes fűtőegység télen a kívánt léghőmérsékletre melegíti a szellőző levegőt. A vizes hűtőegység pedig nyáron a befújni kívánt hőmérsékletre hűti azt. A méretezés során a levegőnek átadott / levegőtől elvont teljesítményét fogom számolással meghatározni. A hűtő/fűtő rendszer 2 csöves kivitelű lesz. Tehát ugyan az a kalorifer fogja ellátni a fűtési és hűtési igényt is. A szükséges teljesítményt egy levegő-víz hőszivattyú fogja ellátni.

<u>Nyári esetben a hűtés 22 °C 70% relatív páratartalomig történik:</u>

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \varphi \cdot (h_{előtte} - h_{utánna} = \frac{14500}{3600} \cdot 1{,}2 \cdot (62{,}8 - 51{,}42) = 55\ [kW]$$

Téli esetben a fűtés 22 °C-ig tart, h-x diagramból kiolvasva itt 16,5% relatív páratartalom lesz:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \varphi \cdot (h_{előtte} - h_{utánna} = \frac{14500}{3600} \cdot 1{,}2 \cdot (10{,}64 - 28{,}84) = 88\ [kW]$$

A hőtermelő berendezést az itt kapott teljesítményekre kell majd méretezni és kiválasztani.

11.5. Párásítás

Párásításra azért van szükség, mert télen az egyébként is alacsony abszolút nedvesség tartalmú levegőt melegítjük fel, ezáltal száraz meleg levegőt kapunk. Az előző pontban kiszámítottam, hogy a fűtő kalorifer után 22 °C φ =16,5% relatív nedvesség tartalmú levegő fog rendelkezésre állni. Ez abszolút nedvességtartalomban x=2,7 g/kg. A kárpitozó üzemben a székek és egyéb bútorok borításához nyers bőrt használnak. Ezeket a bőr és hasított bőr alapanyagokat nagy mennyiségben tárolják az üzemben, azért hogy a gyártás zavartalanul és folyamatosan működhessen. Ahhoz, hogy a bőr megőrizze kiváló minőségét biztosítani kell a megfelelő páratartalmat. Az üzemben fűtési szezonban is 40-60% között kell lennie a relatív páratartalomnak. A bőr minőségének megőrzése mellett a bent tartózkodók komfortérzete és egészségügyi szempontból is előnyös a páratartalmat 40-60% körül tartani. A légnedvesítés azt jelenti, hogy a levegő abszolút nedvességtartalmát technikai eljárásokkal az igényhez igazodó értékre megemeljük és azon is tartjuk. A nedvesítéshez egy gőz beporlasztású berendezést fogok méretezni.

A gőznedvesítés előnyei, a vízbeporlasztásoshoz képest:

- a gőz steril, szagtalan
- a levegő hőmérséklete csak kis mértékben változik
- könnyen szabályozható
- szerelési, karbantartási igénye kicsi
- légellenállás elhanyagolható (gőzlándzsák)

A légnedvesítés során a gőzképződés nemesacél hengerben elektromos energia felhasználásával megy végbe. A gőzfejlesztéshez vizet használunk fel, amelyet a hengerekben elgőzölögtetünk. A fejlesztett gőzt műanyagtömlőn vezetik a szellőző berendezésbe.

Téli esetben a párásítás 22 °C 60%-ra:

$$\dot{m}_{gőz} = \dot{V}_{szellőző} \cdot c_{lev} \cdot (x_{előtte} - x_{utánna}) \left[\frac{kg}{h}\right]$$

$$\dot{m}_{gőz} = \frac{14500}{1000} \cdot 1{,}2 \cdot (2{,}7 - 9{,}89) = 125 \left[\frac{kg}{h}\right]$$

A kívánt légnedvesség eléréséhez egy DriSteem XTP-E 83 típusú merülőelektródás párásító berendezést választottam. A merülőelektródás párásító berendezéseknél a gőzhengerben lévő vízszint és a fűtő elektróda vízbe érő felülete változhat. A vízszint szabályozásával történik a fejlesztett gőz mennyiségének szabályozása. A vizet az elektródák között az átfolyó áram a vízellenállástól függő mértékben melegíti.

11.6. A légkezelő kiválasztása

A légkezelő kiválasztása során a VTS Hungary Kft. légkezelő méretező és kiválasztó programját használtam. Az előző fejezetben kiszámított méretezési paramétereket megadva, a program kiválasztja az igényeknek tökéletesen megfelelő berendezést. Az üzemcsarnokot ellátó légkezelőként egy VTS VVS150c-R-FPMVC/VVS150c-L-FVMP_cd berendezést választottam.

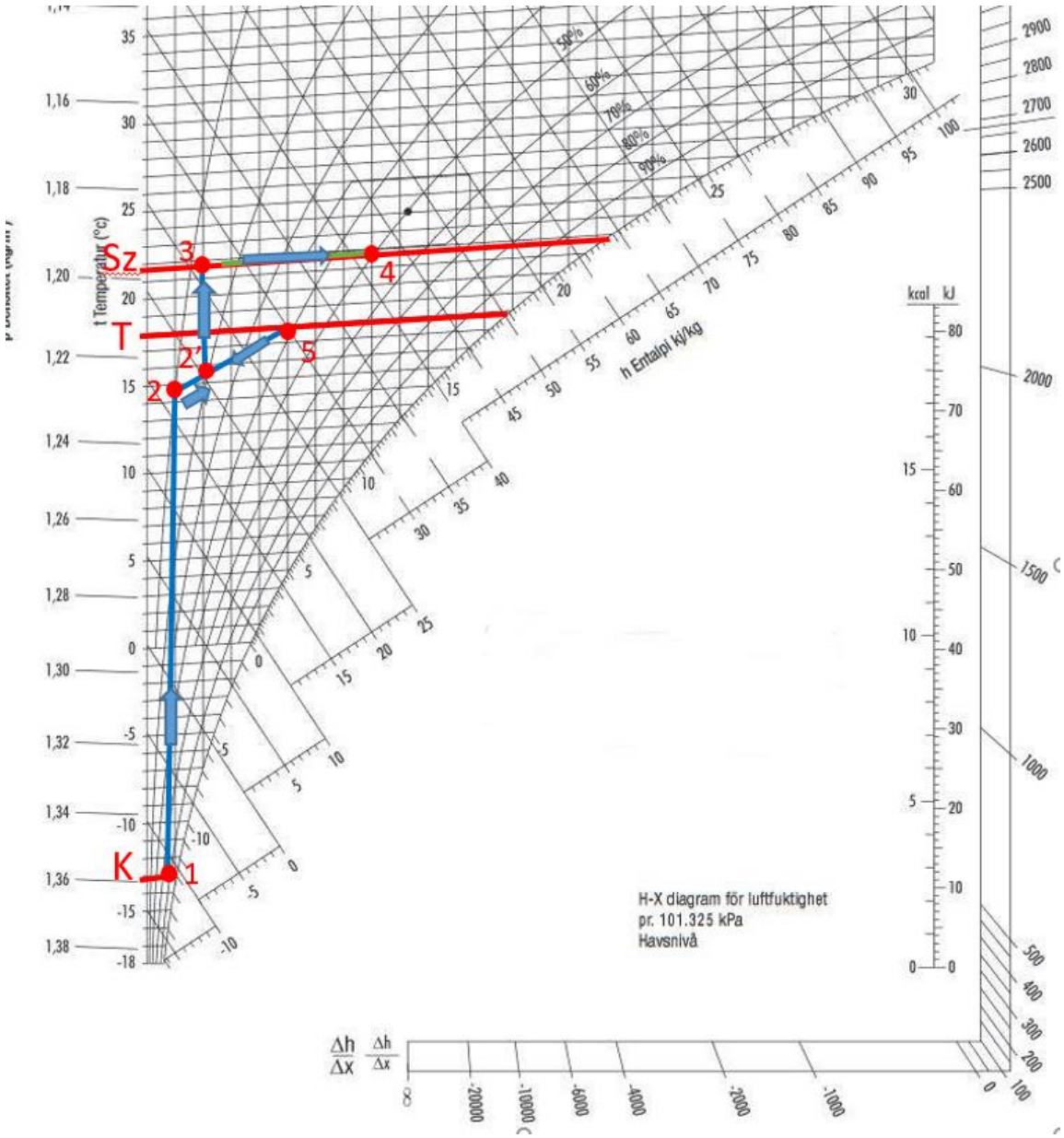
A méretezés során, leméreteztem mind a 6db üzemállapotot, ami a légkezelő működése során előfordulhat. Ahogy azt már korábban említettem a 6db különböző üzemállapot abból adódik, hogy 6db technológiai elszívás van. A légkezelőnek az elszívó ventilátora egy nyomástávadó segítségével leköveti a nyomáskülönbség változást, ezáltal az elszívó ventilátor mindig pontosan annyival kevesebb levegőt fog elszívni a légtérből, ahány technológiai elszívás éppen üzemel. Így az üzemben egy állandó belső nyomást tudunk kialakítani. Azáltal, hogy a légkezelő kevesebb levegőt szív el növekszik a kaloriferek energia igénye. Ennek a magyarázata, hogy minél kevesebb levegőt szívunk el, annál rosszabb lesz a hővisszanyerés. A következőkben szemléltetem a különböző üzemállapotokhoz tartozó energia felhasználásokat.

17. táblázat: Különböző üzemállapotok és teljesítmény igények (Saját készítés)

	Technológiai elszívások	Befúlt légmennyiség	Elszívott légmennyiség	Ventilátorok		Fűtési teljesítmény	Hűtési teljesítmény
				Befúvó	Elszívó		
	m3/h	m3/h	m3/h	kW	kW	kW	kW
0. Üzemállapot	0x1200	14500	14500	3,36	3,18	26,7	47,6
1. Üzemállapot	1x1200	14500	13300	3,36	2,7	31,4	49,1
2. Üzemállapot	2x1200	14500	12100	3,36	2,22	39,8	51,3
3. Üzemállapot	3x1200	14500	10900	3,36	1,86	50,6	54,4
4. Üzemállapot	4x1200	14500	9700	3,36	1,56	62,7	57,6
5. Üzemállapot	5x1200	14500	8500	3,36	1,26	74,9	60,4
6. Üzemállapot	6x1200	14500	7300	3,36	1,08	85,9	63,6

Látható, hogy fűtési üzemben jelentős eltérés mutatkozik a teljesítményben. Ez a több mint háromszoros fűtési teljesítmény különbség abból adódik, hogy amikor több technológiai elszívó üzemel egyszerre, akkor kevesebb lesz a légkezelőben a hővisszanyerés, mivel az elszívó ventilátor visszaszabályoz. A kevesebb hővisszanyerés eredménye képpen hidegebb levegő fog érkezni a fűtési kaloriferre, ezáltal megnő a hőmérséklet különbség a kalorifer előtt és után. Tehát, hogy ha hidegebb levegő áll rendelkezésre a fűtő kalorifer előtt és szeretném tartani a 22 °C-ra előmelegített levegőt, akkor nagyobb teljesítményre van szükségem. Annak érdekében, hogy áthidaljam a nagy teljesítmény ingadozást 4. 5. és 6. üzemállapotban eltérek a korábban előírt 22 °C-ra előmelegített levegőtől. Ezeknél az üzemállapotoknál 16-18 °C levegőt fogok az üzembe juttatni. A friss levegő bevezetése a légcsatornázható VRF beltéri egység szívó csonkjára lesz vezetve, ami tovább fogja fűteni a levegőt a kívánt hőmérsékletre. Ezáltal elkerülhető az a probléma, hogy a hűvösebb befújt levegő diszkomfort érzetet kelt a bent tartózkodókban.

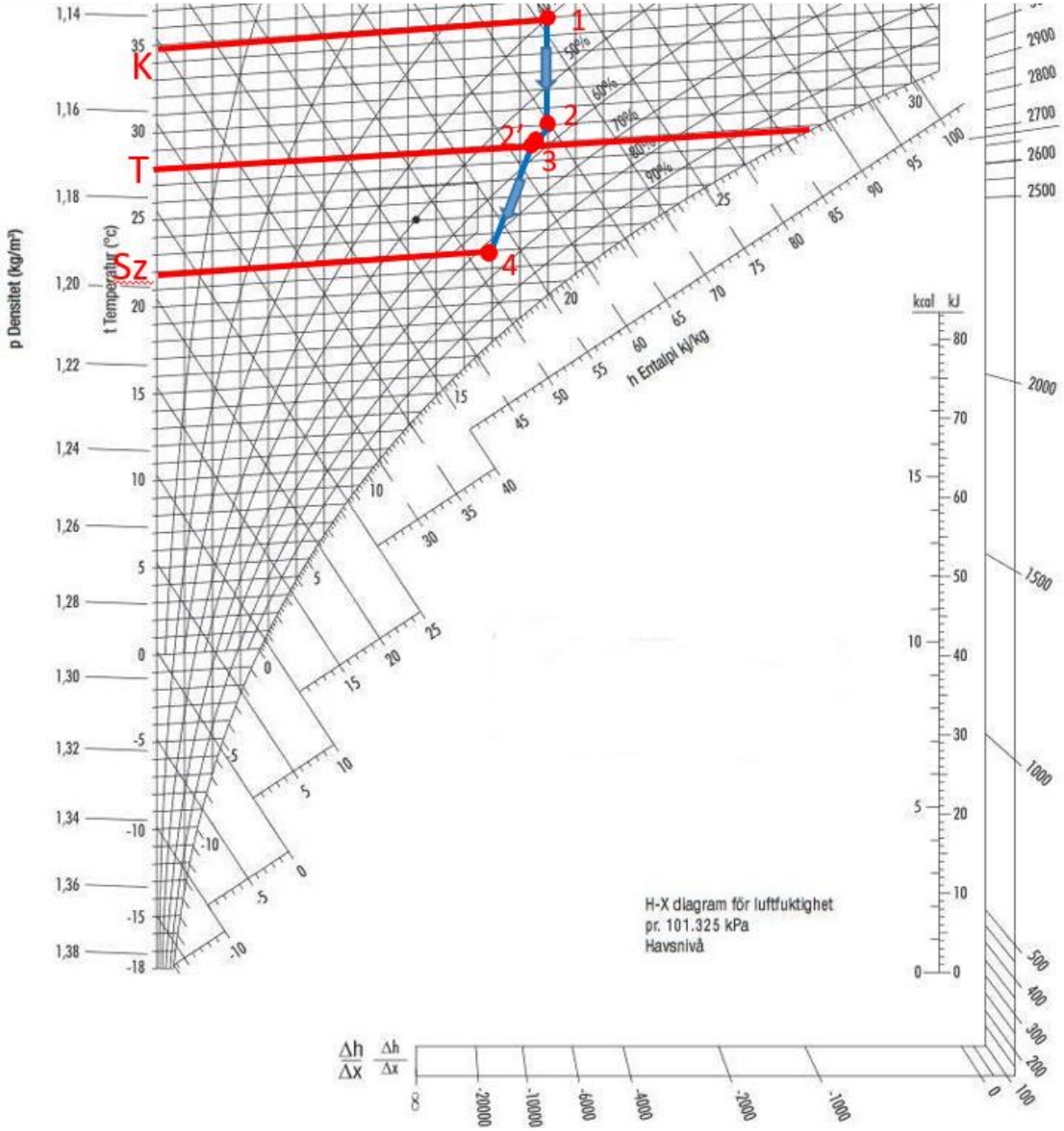
A légkezelőben végbemenő téli folyamatok h-x diagramban (kiegyelített szellőzés esetén):



35. ábra: Téli folyamatok h-x diagramban (Saját készítés)

A 2' pontban történik a távozó és a hővisszanyerő utáni levegő keveredése. A keveredés után a felfűtés következik a 3 pontban. Majd ezt követően az izoterm párásítással jutunk el a 4-es pontba, ez a légállapot kerül bejuttatásra az üzembe.

A légkezelőben végbemenő nyári folyamatok h-x diagramban (kiegyelített szellőzés esetén):

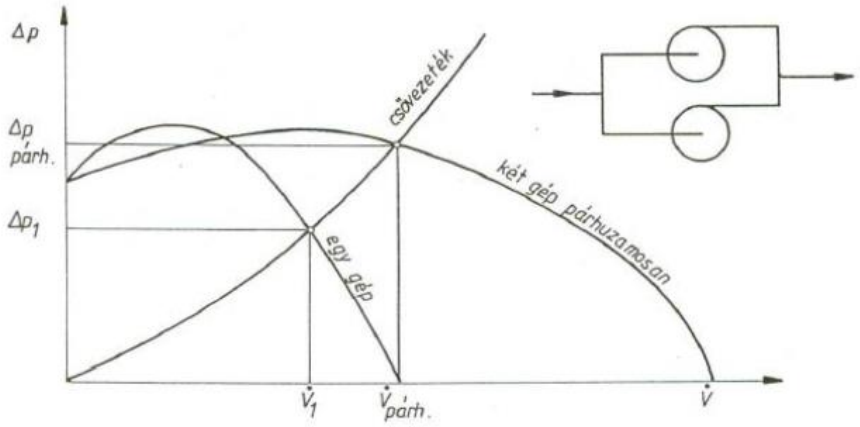


36. ábra: Nyári folyamatok h-x diagramban (Saját készítés)

A 2' pontban a távozó és a hővisszanyerő utáni levegő keveredik. Mivel a keveredési egyenes nagyon rövid, ezért egyértelműen nem vehető ki az ábrából. A keveredés után a 4-es pontig tart a hűtés. Ezt a légállapotot juttatjuk be az üzembe, légcsatornákon keresztül.

11.7. Ventilátor ellenőrzés

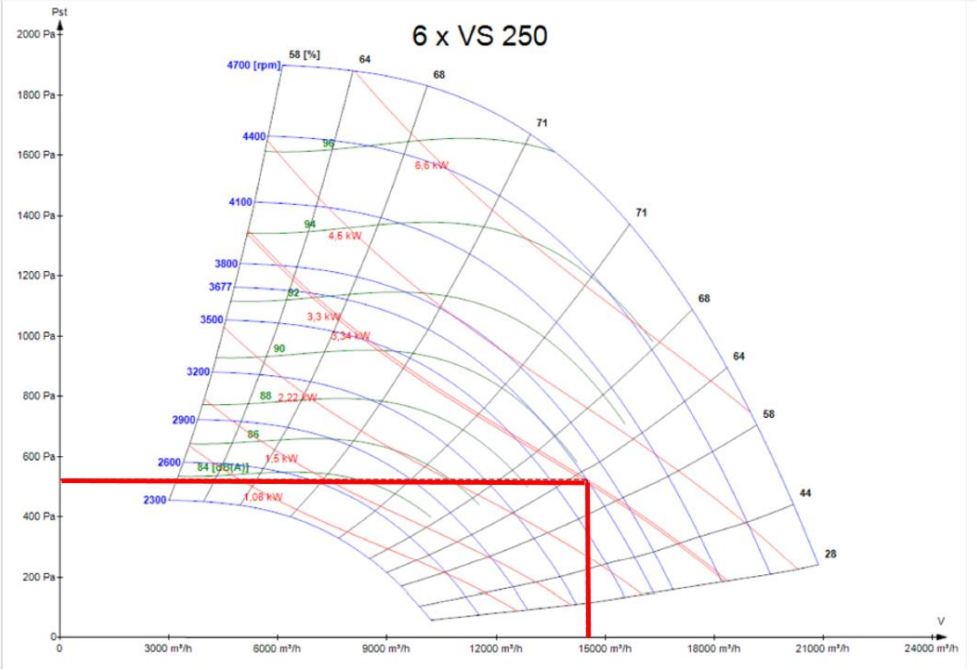
A ventilátornak a kívánt levegő térfogatáramot kell létrehoznia a létrejövő nyomáskülönbség ellenében. A légkezelő gépben 6db 0,7kW teljesítményű EC motoros ventilátor van párhuzamosan elhelyezve, mind a befúvó és az elszívó oldalon. A több kis ventilátor párhuzamos kapcsolása kisebb zajhatással jár és az energiafelhasználás szempontjából is kedvező. Továbbá sokkal üzembiztosabb a berendezés. Párhuzamos kapcsolás esetén az azonos nyomásokhoz tartozó légszállítások adódnak össze, ahogy az a lenti ábrán látható. Párhuzamos kapcsolás esetén fenn állhat az a probléma, hogy az egyik ventilátor visszafúj a másikon.



37. ábra: Párhuzamosan kapcsolt ventilátor jelleggörbe (Rechnafel et. al. 2000)

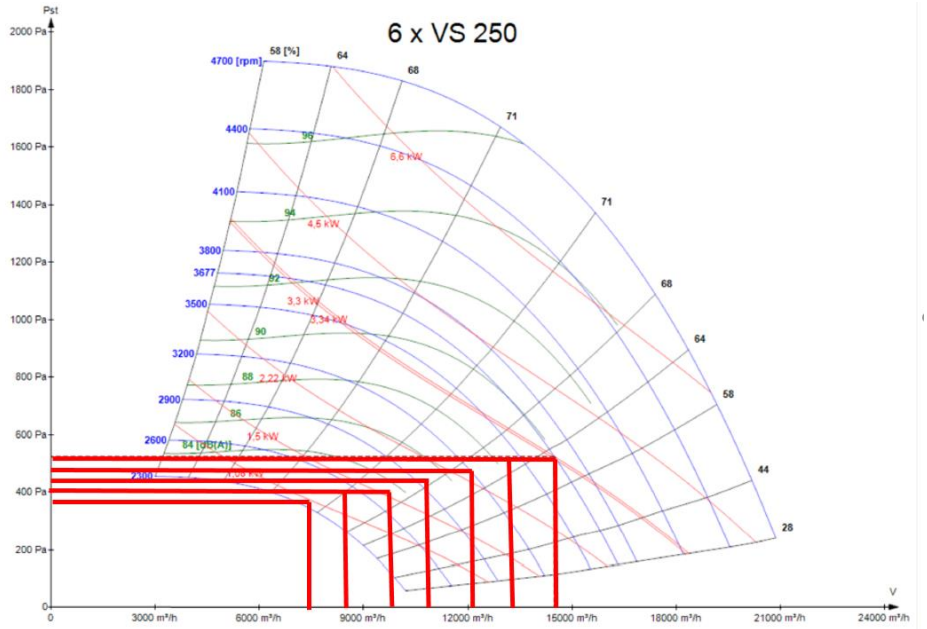
A ventilátorok által szállított térfogatáramot szabályozással tudjuk a változó üzemi viszonyokhoz illeszteni. EC motoros ventilátorok esetén a motor közvetlenül hajtja a járókereket. A szabályozás fokozatmentesen történik, nincs szükség frekvenciaváltóra. A ventilátor energetikailag akkor üzemel gazdaságosan, ha a munkapontja a jelleggörbe legjobb hatásfokú pontja közelében helyezkedik el. A gazdaságos szabályozás ezt a pontot a légcsatorna jelleggörbéjén mozdítja el, ezáltal a hatásfokot nem rontja.

A befúvó ventilátor állandó légszállításra lett kiválasztva. A légszállítás 14500 m3/h, a teljes nyomás pedig 608 Pa. A befúvó ventilátor jelleggörbéje a lenti ábra szemlélteti. A diagramról leolvasható, hogy ezen a munkaponton 64%-os hatékonyságon dolgoznak a ventilátorok, 3,34 kW tengelyen leadott összteljesítménnyel.



39. ábra: Befúvó ventilátor jelleggörbe (VTS adatlap)

Az elszívó oldali ventilátoroknak kell tudni szabályozni 7300-14500 m3/h légszállítás között. Az elszívó ventilátor diagramján jelöltem a 6db üzemállapotot. Jól látható, hogy a légszállítás visszaszabályozásával csökken s statikus nyomás is, mivel csökken a légsebesség is. A ventilátor hatékonysága 64-71% között változik, a tengelyen leadott teljesítmény pedig 1,07-3,34 kW között mozog.

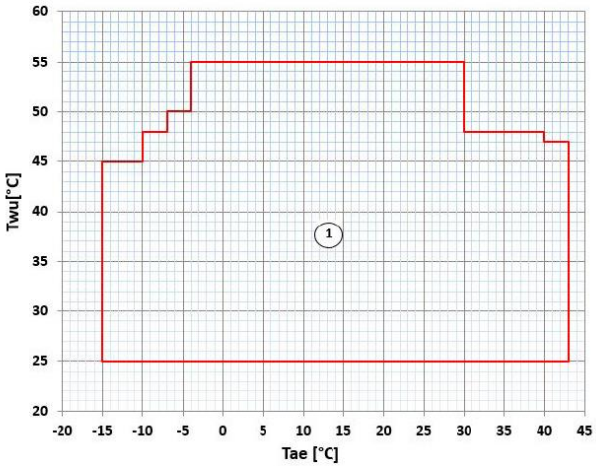


38. ábra: Elszívó ventilátor jelleggörbe (VTS adatlap)

11.8. A hőtermelő kiválasztása

A légkezelő fűtő/hűtő kaloriferére egy hőszivattyú fog dolgozni. A fűtési és hűtési igényeknek megfelelően egy 85kW névleges teljesítményű hőszivattyú került betervezésre. A légkezelő kiszolgálására, azért választottam egy levegő-víz hőszivattyút mert a vizes rendszernek meg van az az előnye, hogy sokkal precízebben lehet szabályozni azt. Amint azt már a korábbi fejezetben ismertettem, előfordulhat fűtési/hűtési teljesítmény ingadozás, a technológiai elszívások számának függvényében. Egy vizes fűtő rendszer ezekhez az ingadozásokhoz jobban tud alkalmazkodni. Egy jól méretezett puffertartály segítségével kiküszöbölhető az a probléma, hogy a hőtermelő berendezés ne tudjon kellő mértékben visszaszabályozni ebből fakadóan túl gyakran kapcsoljon ki és be.

A választott berendezés egy Clivet WSAN-YES 35.2 levegő-víz hőszivattyú. A berendezés 2db inverteres scroll kompresszorral rendelkezik, a hűtőközeg környezetbarát R32 hűtőgáz. A hőszivattyú külső -13 °C esetén is garantálja a 45 °C fűtővizet. A teljesítmény a külső hőmérséklet csökkenés függvényében csökken. -13 °C külső hőmérsékletben 55 kW fűtőkapacitást tud leadni. A lenti ábra a maximális fűtővíz hőmérsékletet mutatja a külső hőmérséklet függvényében. A hőtermelő kiválasztása során ügyeltem arra, hogy ne legyen feleslegesen túlméretezett a rendszer. Az 55 kW fűtési teljesítmény -13 °C külső hőmérséklet esetén és az összes elszívó együttes működésekor is biztosítani tudja a 18°C-ra előmelegített szellőző levegőt. A hőszivattyú továbbá ellátja az ipari légfüggönyök fűtését is. A fűtési rendszer hidraulikai méretezését a Bausoft WinWatt programmal végeztem.



40. ábra: Hőszivattyú működési tartomány fűtés (Clivet adatlap)

12. A légcsatorna hidraulikai méretezése

A légcsatorna-hálózat hidraulikai méretezésére 3 fajta módszer ismert:

- sebesség csökkentés módszere
- egyenlő fajlagos ellenállás módszere
- statikus nyomásvisszanyerés módszere

Ezek közül leggyakrabban a sebességcsökkentés módszere szerint végezzük a méretezést. A módszer lényege, hogy a légkezelő ventilátorától távolodva lehetőleg minden elágazás után csökkentjük a légsebességet. A légsebességeket első sorban akusztikai szempontok alapján vesszük fel. Akusztika szempontjából megkülönböztetünk komfort és ipari célra szánt légtechnikai rendszert.

- komfort célú légtechnikai rendszer: gerincvezetékben 4…6 m/s, ágvezetékekben 2…3 m/s
- ipari légtechnikai rendszereknél: gerincvezetékben 8…12 m/s, ágvezetékekben 4…6 m/s.

Méretezés lépései:

a) Meghatározzuk a légcsatorna-hálózat nyomvonalát és a szakaszokban szállított légmennyiséget.
b) A légmennyiségek és az ajánlott légsebességek figyelembevételével meghatározzuk a szakaszok keresztmetszetének nagyságát.

$$A = \frac{\dot{V}\left[\frac{m^3}{h}\right]}{v\left[\frac{m}{s}\right]}\ [m^2]$$

c) A befúvó és elszívó ágra is kiszámoljuk a légkezelőtől a mértékadó anemosztátig tartó szakasz nyomásveszteségét.

A nyomásveszteség 2 részből tevődik össze:

- Egyenes légcsatornában a súrlódás okozta veszteség (Δp_s)

$$\Delta p_s = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \, [Pa]$$

Ahol:

- λ fajlagos súrlódási ellenállás [Pa/m]
- l a csőszakasz hossza [m]
- d csatorna átmérője
- ρ az áramló közeg sűrűsége [kg/m^3]
- v levegő sebessége [m/s]

Négyszög légcsatorna keresztmetszet esetén az egyenértékű átmérőt is meg kell határoznunk.

$$d_e = \frac{4\,A}{K}$$

- Alaki nyomásveszteség (Δp_a)

$$\Delta p_a = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 [Pa]$$

ahol: ζ: *alaki ellenállás tényező* [−]

Tehát a nyomásveszteség az alaki és súrlódási ellenállás összege:

$$\Delta p_v = \Delta p_s + \Delta p_a$$

ahol:

- Δp_v az összes nyomásveszteség [Pa]
- Δp_s egyenes csőszakaszok nyomásvesztesége [Pa]
- Δp_a alaki ellenállásokból adódó nyomásveszteség [Pa]

A csősúrlódási tényező a Reynolds-számtól függ, ez számolható

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

ahol:

- Re Reynolds-szám [-]
- ν az áramló közeg kinematikai viszkozitása [m^2/s]

A száraz levegő kinematikai viszkozitása a hőmérséklettől és nyomástól függ. Normál légköri nyomáson

$$\nu = \frac{(0{,}05639 \cdot t + 17{,}279) \cdot 10^{-6}}{\rho}$$

ahol:

- t az áramló közeg hőmérséklete [K] (méretezés során 20°-os levegőt veszek figyelembe)

Lamináris áramlás esetén, amikor Re < 2320, akkor a csősúrlódási tényező kör keresztmetszet esetén

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

Turbulens, hidraulikailag sima légcsatornánál 2320 < Re < 80000 tartományban a csősúrlódás

$$\lambda = \frac{0{,}3164}{\sqrt[4]{Re}}$$

E felett a Hermann-féle összefüggés érvényes 1.500.000-ig

$$\lambda = 5{,}4 \cdot 10^{-3} + \frac{0{,}396}{Re^{0{,}3}}$$

Az alaki nyomásveszteség az alábbi összefüggéssel adható meg

$$\Delta p_a = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

Befúvás nyomásveszteség számítás (saját táblázat)

Szakasz	Légmennyiség Q [m3/h]	Átmérő d [mm]	Sebesség v [m/s]	Reynolds szám Re [-]	Csősúrlódási tényező λ [-]	Csőhossz l [mm]	Csőhossz l [m]	Súrlódási ellenállás ΔPs [Pa]	Alaki ellenállás tényező ζ [1]	Alaki ellenállás ΔPa [Pa]	Ellenálás összesen ΔPv [Pa]	Megjegyzés	Típusszám
1	14500	1985x973	2,09	263678	0,01476	1000	1	0,03			0,8		LKR 1985 973 1000
1	14500								0,3	0,79		Szűkítő idom	LDR 1985 973 100 800 1000
2	14500	1000x800	5,03	263678	0,01476	2630	2,63	**0,67**			38,0	Négyszög légcsatorna	LKR 1000 800 2630
2	14500								0,60	**9,16**		90°ív	LBXR 1000 800 1000 90 150 150
2	14500	1000x800	5,03	263678	0,01476	2875	2,875	**0,73**				Négyszög légcsatorna	LKR 1000 800 2875
2	14500								0,60	**9,16**		90°ív	LBXR 1000 800 1000 90 150 150
2	14500	800x1000	5,03	263678	0,01476	5375	5,375	**1,36**				Négyszög légcsatorna	LKR 800 1000 5375
2	14500								0,8	**12,22**		T elágazás	
2	14500	800x1000	5,03	263678	0,01476	470	0,47	**0,12**				Négyszög légcsatorna	LKR 800 1000 470
2	14500								0,3	**4,58**		Átváltó és szűkítő idom	LORU 800 1000 800 1
3	7250	800	4,006505	209828	0,01543	18170	18,17	**3,39**			28,96	Kör légcsatorna	SR 800 18170
3	7250								0,6	**5,80**		90°ív	BFU 800 90
3	7250	800	4,006505	209828	0,01543	2295	2,295	**0,43**				Kör légcsatorna	SR 800 2295
3	7250								1,2	**11,61**		2db könyök	2x BFU 800 60
3	7250	800	4,006505	209828	0,01543	3525	3,525					Kör légcsatorna	SR 800 3525
3	7250								0,8	**7,74**		T elágazás	TCU 800 450
4	5434,5	800	3,003221	157285	0,01633	400	0,4	**0,04**			9,62	Kör légcsatorna	SR 800 400
4	5434,5								0,3	**1,63**		Szűkítő idom	RCU 800 710
4	5434,5	710	3,812857	177222	0,01595	4750	4,75	**0,93**				Kör légcsatorna	SR 710 4750
4	5434,5								0,8	**7,01**		T elágazás	TCU 710 450
5	3625	630	3,230238	133224	0,01689	400	0,4	**0,07**			7,79	Kör légcsatorna	SR 710 400
5	3625								0,3	**1,89**		Szűkítő idom	RCU 710 630
5	3625	630	3,230238	133224	0,01689	4765	4,765	**0,80**				Kör légcsatorna	SR 630
5	3625								0,8	**5,03**		T elágazás	TCU 630 450
6	1812,5	450	3,165633	93257	0,01819	400	0,4	**0,10**			8,55	Kör légcsatorna	SR 630 400
6	1812,5								0,3	**1,81**		Szűkítő idom	RCU 630 450
6	1812,5	450	3,165633	93257	0,01819	4515	4,515	**1,10**				Kör légcsatorna	SR 450
6	1812,5								0,6	**3,62**		90°ív	BFU 450 90
	1812,5	450	3,165633	93257	0,01819	870	0,87	**0,21**					
6	1812,5								0,28	**1,69**		Bővítő , átváltó idom	LORU 1380 328 450 1250 1
6	1812,5	1380x328	1,11	32960	0,02348	150	0,15	**0,01**				Négyszög légcsatorna	LKR 1380 328 150
Szumma:											**93,7**		

Elszívás nyomásveszteség számítás (saját táblázat)

Szakasz	Légmenny-nyiség Q [m3/h]	Átmérő d [mm]	Sebesség v [m/s]	Reynolds szám Re [-]	Csősúrlódási tényező λ [-]	Csőhossz l [mm]	Csőhossz l [m]	Súrlódási ellenállás ΔPs [Pa]	Alaki ellenállás tényező ζ [1]	Alaki ellenállás ΔPa [Pa]	Ellenálás összesen ΔPv [Pa]	Megjegyzés	Típusszám
1	14500	1985x973	2,09	263678	0,01476	500	0,5	0,01			0,8		LKR 1985 973 500
1	14500								0,3	0,79		Szűkítő, átváltó idom	LORU 1985 973 1750 1
2	14500	900	6,331267	373028	0,01384	140	0,14	**0,05**			58,67	Kör légcsatorna	SR 900 140
2	14500								0,6	**14,49**		90°ív	BFU 900 90
2	14500	900	6,331267	373028	0,01384	1770	1,77	**0,66**				Kör légcsatorna	SR 900 1770
2	14500								0,6	**14,49**		90°ív	BFU 900 90
2	14500	900	6,331267	373028	0,01384	5100	5,1	**1,89**				Kör légcsatorna	SR 900 5100
2	14500								1,2	**28,98**		60°ív	2x BFU 900 60
2	14500	900	6,331267	373028	0,01384	6805	6,805					Kör légcsatorna	SR 900 6805
3	10875								0,3	**7,25**	8,68	Szűkítő idom	RCU 900 800
3	10875	800	6,009757	314743	0,01428	3700	3,7	**1,44**				Kör légcsatorna	SR 800 3700
4	7250								0,3	**6,53**	7,75	Szűkítő idom	RCU 800 710
4	7250	710	5,086616	236426	0,01507	3700	3,7	**1,22**				Kör légcsatorna	SR 710 3700
5	10875								0,3	**4,68**	19,07	Szűkítő idom	RCU 710 500
5	10875	500	15,38498	503588	0,01311	3850	3,85	**14,40**				Kör légcsatorna	SR 500 3850
Szumma:											**95,0**		

12.1. Légcsatorna szigetelés méretezése

Mivel az üzem légkezelője kültéren van elhelyezve, ezáltal a szállított levegő hőcserében áll a külső levegővel. Annak érdekében, hogy gazdaságosabban tudjuk üzemeltetni a berendezést a légcsatornát szigeteléssel kell ellátni. Légcsatorna szigetelésének méretezését téli esetre végzem. Megengedett lehűlésnek 0,05[°C/m]-t veszek fel. Választott szigetelő anyag típusa: Armaflex AC R, amely a zárt cella révén a páralecsapódástól is véd. Hővezetési tényezője λ=0,035 [W/mK]. Légcsatornám hossza nagyából 11 [m].

A hőveszteség az alábbi képlettel számítható:

$$\dot{Q} = U \cdot A \cdot \Delta t \; [W]$$

ahol:

- U: a légcsatorna hővezetési tényezője [W/m2K]
- A: csatorna felülete [m2]
- Δt: hőmérsékletkülönbség a szállított és a külső levegő között [°C]

$$U = \frac{\dot{m} \cdot c \cdot \Delta t_{lehülés}}{A \cdot \Delta t} = \frac{6{,}08 \cdot 1000 \cdot (0{,}05 \cdot 11)}{(1 \cdot 12 + 0{,}8 \cdot 12) \cdot 2 \cdot 29} = 2{,}66 \; [W/m^2K]]$$

ahol:

- m: szállított levegő tömegárama [kg/s]
- c: levegő fajhője [J/kg·K]
- Δtlehűlés: megengedett hőmérséklet csökkenés [°C]

A szükséges szigetelés vastagsága:

αb=20 [W/m2 ·K]; αk=8 [W/m2 ·K]; lemez hővezetési együtthatóját nem veszem figyelembe.

$$\delta = \lambda \cdot \left(\frac{1}{U} - \frac{1}{\alpha b} - \frac{1}{\alpha k}\right) = 0{,}035 \cdot \left(\frac{1}{2{,}66} - \frac{1}{20} - \frac{1}{8}\right) = 0{,}00703\ [m]$$

Tehát a szükséges és forgalomban is kapható vastagság 10 [mm]

Mivel kültéren lesz elhelyezve, emiatt Armafinish 99 típusú védőfestékkel kell ellátni és a mechanikai behatásoktól védve körbe kell bádogozni.

12.2. VRF rendszerű fűtés-hűtés

Az üzem területének fűtését és hűtését Haier VRF légcsatornázható beltéri egységek fogják ellátni. Ahhoz, hogy a fűtési és hűtési igényt is biztosítani tudjuk légfűtéssel, a légkezelő egységet a többszörösére túl kellett volna méretezni, aminek jelentős többlet költségi vonzata lett volna. Ezért a fűtéshez és hűtéshez szükséges hőteljesítményeket VRF rendszerrel fogom biztosítani. A VRF rendszert úgy alakítom ki, hogy a légtechnikai rendszerrel együtt és attól függetlenül is tudjon működni.

<u>Méretezési alapparaméterek (külső):</u>

Téli méretezés:	-15 °C;	90% páratartalom
Nyári méretezés:	35 °C;	40% páratartalom

<u>Méretezési alapparaméterek (belső):</u>

Üzemcsarnok télen:	18 °C ± 2 °C;	40-60% páratartalom
Üzemcsarnok nyáron:	26± °C ± 2 °C	40-60% páratartalom

Belső hőnyereség

A figyelembe vett belső hőnyereség értékeit a megfelelő szakirodalmi adatok alapján vettem figyelembe. Az épület hőveszteség számítását az MSZ-04-140/3-87 szerint a Bausoft WinWatt Gólya programmal végeztem el.

Fűtési igény összesítő: 97877 W

Hűtési igény összesítő: 63320 W

12.2.1. A VRF rendszer működésének ismertetése:

A VRF rendszer egy direkt elpárologtatású rendszer. A tetőn vagy az épület mellett kell elhelyezni a kültéri egységet. Innen rézcső pár megy az üzem területén és kapcsolódnak a beltéri egységekhez. A kültéri egység inverteres, hőszivattyús, 20-100 kW közötti hűtési tartománnyal, 8 fokozatú inverteres ventilátorral és akár 55 lépcsős teljesítményszabályozással. A rendszer R410a hűtőközeggel dolgozik, 3 lépcsős éjszakai csendesíthető üzemmóddal rendelkezik, ezáltal akár 45 dB(A) hangnyomás szinten is üzemelhet. Működési tartománya: hűtésben -5 °C-tól 43 °C-ig, fűtésben -20 °C-tól 15,5 °C-ig. Átlagos teljesítmény tényezője hűtésben 4-től 6-ig, fűtésben 3-tól 4-ig. Csövezési hossz max. 1000m, szintkülönbség max. 100m. Egy hűtési rendszerre max. 64 db beltéri egység köthető.

A rendszer csövezése a fűtési rendszerekéhez hasonló, azaz egyetlen előremenő gerincvezeték pár bármilyen módon leágazhat, olajzsák nem szükséges. A folyadékhűtős rendszerhez képest ehhez a rendszerhez nem kell hidraulikus modul, illetve hűtőgépház, valamint a komplett beszabályozás is elmarad. Mivel a rendszerben hűtőközeg megy, nem víz, így a fagyveszéllyel és a lejtéssel sem kell foglalkozni. Minden szerelvény vagy a beltéri, vagy a kültéri egységben található. A kültéri egység hőcserélő lamelláinak anti-korróziós bevonata 5-6-szor hosszabb élettartamot biztosít a bevonat nélküli lamellákhoz képest.

A rendszer automata hűtőközeg feltöltési funkcióval rendelkezik, ezáltal egyetlen gombnyomásra automatikusan annyi hűtőközeget enged be a kültéri egységre csatlakoztatott tartályból, amennyi az adott rendszerhez szükséges. Ezen értéket a rendszer tárolja, így az évente kétszer kötelező automatikus szivárgás ellenőrzést egyetlen gombnyomással el lehet végezni. Ekkor a kültéri egység egy 30 perces teszt alatt megvizsgálja a rendszerben levő

hűtőközeg mennyiséget, és egy ledsoron kijelzi, hogy a beüzemeléskor beszívott mennyiséghez képest a rendszerből történt-e szivárgás vagy sem.

A rendszer előnyei:

- Kedvező ár-érték arány
- Magas hatásfok. Éves átlagos energia felhasználása jelentősen kedvezőbb, mint a kazán plusz hűtőgép rendszeré.
- Megújuló energetikai rendszernek számít.
- Kedvezőbb COP (teljesítmény tényező) érték hűtésben, mint a levegő-víz hőszivattyú.
- A rendszer képes fűteni és hűteni is. Kétcsöves rendszer esetében vagy minden beltéri fűtési, vagy mind hűtési üzemben lehet. Nem lehetséges egyszerre a kombinált üzem.
- Nincs külön fűtő és külön hűtési rendszer (pl radiátor és split beltéri)
- Nincs szükség gépházra.
- Nem szükséges szivattyú, szerelvényezés, biztonsági szerelvények.
- Kis keresztmetszetű elosztó hálózat.
- Egyszerű és gyors telepíthetőség.
- Későbbiekben rugalmasan alakítható, beltérik áthelyezhetőek.
- Nincs szükség égéstermék elvezetőre, éves felülvizsgálatra.

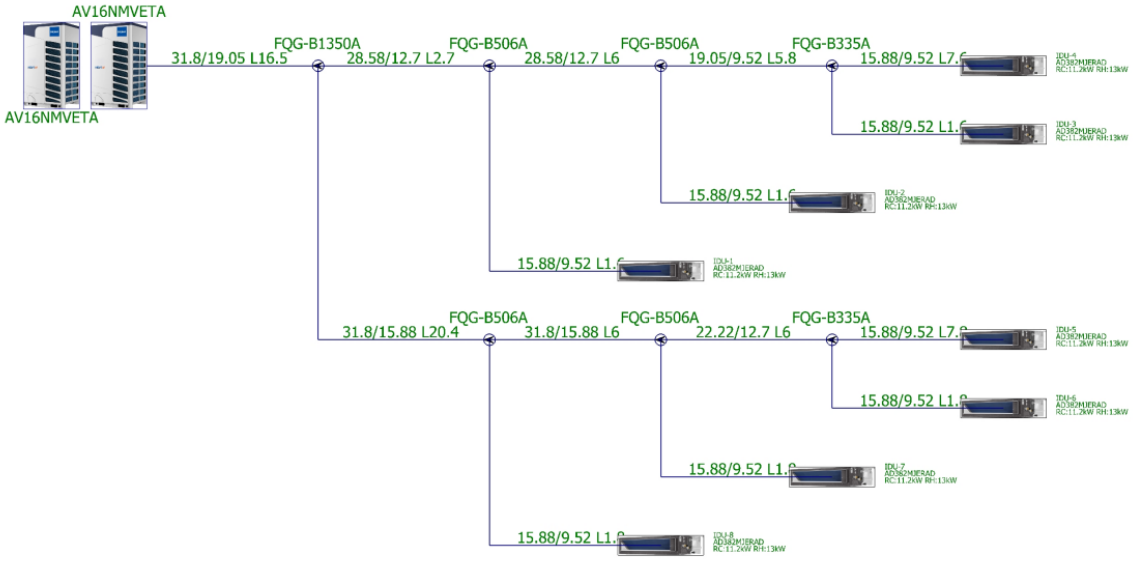
A rendszer hátrányai:

- Kötelező évenkénti szivárgásvizsgálat.
- Minimálisan drágább lehet a kiépítési költség, mint a gázkazános splites rendszer.
- Rézcső elosztó hálózat drágább, mint az acélcső rendszer.
- Külső hőmérséklet szerint változó a teljesítménytényezője.

12.2.2. A kiválasztott VRF rendszer

A kárpitozó üzemet ellátó fűtést-hűtést biztosító VRF rendszer 2db AV16NMVETA 45kW teljesítményű kültéri egységből áll. A kettő darab egység kaszkád kapcsolással van összekötve. A kültérik master-slave szabályozással működnek. Szükséges teljesítménytől függően lépteti be a master egység a második berendezést, amikor arra szükség van. Ezáltal sokkal precízebb szabályzást tudunk elérni ás átmeneti évszakokban is képes lesz megfelelően visszaszabályozni a rendszer. Hőleadónak 8 db AD382MJERAD közepes nyomású légcsatornázható beltéri egységet választottam. Fűtésben 13kW, hűtésben pedig 11 kW-ot tudnak maximálisan leadni a

beltéri egységek darabonként. A friss levegő bevezetése a beltéri egység szívó oldalára történik, ezáltal a befújt levegő hőmérséklete az igények szerint, mindig állandó marad. A lent látható ábrán a leméretezett VRF rendszer ágrajza látható.



41. ábra: Haier VRF rendszer ágrajz (Haier adatlap)

13. Műszaki leírás

A megtervezett rendszer a 975 [m^2]-es kárpitozó üzemcsarnok fűtését, hűtését és friss levegő ellátását biztosítja. Az üzem területén a tervezett léghőmérséklet nyáron 26 [C°], míg télen 18 [C°]. A megfelelő légállapot biztosításáért egyrészt a kültérben elhelyezett VTS VVS150c légkezelő felelős, másrészt a Haier VRF légcsatornázható beltéri rendszer. A légkezelő által szállított szellőző levegő mennyisége 14500 m3/h, a friss levegő mennyisége 10000 m3/h, 31%-os elszívott levegő visszakeveréssel dolgozik a rendszer. A levegő bevezetése a légcsatornázható VRF beltérik szívó oldalára történik. A megtervezett légkezelős és VRF rendszer alkalmas arra, hogy egymástól függetlenül is működjön igény esetén. A levegő befúvása 40 db Lindab RCWB-250 ipari perdületes anemosztáton történik, egyenként 362,5 m3/h légmennyiséggel. Az anemosztátok lapátozásának szöge állítható 30°-70°-ig. Az elszívások 8db Airvent DH 600x300-as elszívórácson történik, egyenként 1812,5 m3/h légmennyiséggel. A légkezelő üzemállapota illeszkedik a 6db technológiai elszíváshoz, ami egyenként 1200 m3/h. Ebből adódóan a légkezelő elszívó ventilátora 14500-7300 m3/h között modulál, attól függően, hogy éppen hány darab technológiai elszívás működik. A szabályozást a légkezelő automatikája végzi a beépített nyomástávadók (VAV) alapján. A légkezelőben egy kétcsöves rendszerű fűtő-hűtő kalorifer található, amit egy levegő-víz hőszivattyú lát el. Fűtési teljesítmény 56 [kW] 45/40-es hőfoklépcsővel, 30% glicol-víz keverékkel. Hűtési teljesítménye 63 [kW] 7/12-es hőfoklépcsővel, 30% glicol-víz keverékkel. A légkezelő befúvó és elszívó oldalán is G4 osztályú szűrők találhatók. A szűrőket cserélni kell, ha a szűrő két oldalán mért nyomáskülönbség meghaladja a légkezelő adatlapján szereplő értéket. A befújt levegő hőmérsékletének szabályozása úgy történik, hogy a kalorifer után mérjük a hőmérsékletet, továbbá mérjük a belépő friss levegő hőmérsékletét is. A mért adatok alapján a szabályozóegység fojt vagy nyit a kaloriferek motoros szelepén ezáltal biztosítja a megfelelő szellőző levegő hőmérsékletet. A kültérben futó légcsatornákat 10 [mm] vastag Armaflex AC R típusú szigeteléssel kell ellátni, majd a szigetelést védőfestékkel le kell festeni és körbe kell bádogozni, hogy a csapadéktól és mechanikai hatásoktól védve legyen. Az üzembe 3 db VTS VR-D rétegződésgátló ventilátor is betervezésre került a nagy belmagasság miatt. Az ipari gyorskapuk fölé VTS WING PRO ipari légfüggönyök kerültek betervezésre a huzathatás csökkentése érdekében. A légkezelő kaloriferét és légfüggönyöket egy névleges 91,2 [kW] teljesítményű Clivet WSAN-YES 35.2 levegő-víz hőszivattyú látja el.

14. Összefoglalás

Diplomamunkámban egy magasminőségű bőrbútorokat gyártó üzem energetikai korszerűsítését végeztem el. A korszerűsítés célja az volt, hogy az üzem teljes mértékben függetlenedni tudjon a földgázzal való fűtéstől. Ezen kívül cél volt, hogy a rendszer a nyári hűtést is képes legyen biztosítani és a belső komfort növelése érdekében állandó nyomású belső tér legyen kialakítva. Munkám érdemi részében megvizsgáltam az oldószeres ragasztó kabin elszívásokat és megmértem az elszívott légmennyiségeket. Meghatároztam a szellőző levegő mennyiségét az MSZ CR 1752:2000 szabvány alapján. A számítás során mind a négy szabványban szereplő módszerrel kiszámítottam a friss levegő mennyiségét és a legoptimálisabb értéket választottam. Ipari létesítmény végett különös figyelmet fordítottam a belső levegő minősége és a levegőbe jutó káros anyag alapján történő számításra. Ezt követően számítással meghatároztam az Archimedesi számot. Kiválasztottam az üzem légvezetési rendszerét és a befúvó és elszívó anemosztátokat. Elvégeztem a huzatkritériumra való ellenőrzést. Kiválasztottam és méreteztem a légkezelő berendezés különböző egységeit. Ezek után kiválasztottam a légkezelőt kiszolgáló hőtermelőt. Elvégeztem a fűtési rendszer hidraulikai méretezését WinWatt programban. Elkészítettem a légtechnikai rendszer hidraulikai méretezését. Elvégeztem a légcsatorna szigetelés méretezését. Elkészítettem az üzem hőveszteség számítását és energetikai tanúsítását WinWatt program használatával. Ezt követően méreteztem és kiválasztottam az üzem fűtését és hűtését ellátó VRF rendszert. Végezetül elkészítettem a rendszer tervezését.

Summary

In my thesis, I carried out the energy modernization of a factory producing high-quality leather furniture. The purpose of the modernization was to enable the factory to become completely independent of natural gas heating. In addition, the goal was to provide summer cooling and create a constant pressure interior space to increase comfort. In my substantive work, I examined the solvent adhesive booth exhausts and measured the amount of air extracted. I determined the amount of ventilating air according to MSZ CR 1752:2000 standards. During the calculation, I used all four methods listed in the standard to calculate the optimal amount of fresh air. Due to the industrial facility, special attention was paid to calculating the internal air quality and the amount of harmful substances entering the air. I then calculated the Archimedes number. I selected the factory's ventilation system and the inlet and exhaust anemostats. I performed a draught criterion check. I selected and sized various units of the air handling unit. After that, I chose the heat generator that would serve the air handling unit. I performed the hydraulic sizing of the heating system in WinWatt program. I made the hydraulic sizing of the air conditioning system. I also sized the insulation of the air ducts. I made the heat loss calculation and energy certification of the factory using the WinWatt program. Then I sized and selected the VRF system that would provide heating and cooling for the factory. Finally, I prepared the design of the system.

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió[1] nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Gombolai Dávid
A Hallgató Neptun kódja:	SWEQ9U
A dolgozat címe:	Szabászati Üzem Energetikai Korszerűsítése
A megjelenés éve:	2023
A konzulens tanszék neve:	Épületgépészeti és Energetikai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió[2] egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023. 05. 02.

Gombolai Dávid

Hallgató aláírása

[1] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[2] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A **Gombolai Dávid** (név) (**SWEQ9U**) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfólió[1] áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom[2].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[3]

Kelt: 2023. 05. 02.

Belső konzulens

[1] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[2] A megfelelő aláhúzandó.
[3] A megfelelő aláhúzandó.

Irodalomjegyzék

Bánhidi László, Dr. Homornay Györgyné 2006, Épületgépészet a gyakorlatban, Verlag Dashofer Szakkiadó Kft, Budapest

Bánhidi László, Kajtár László, 2017, Válogatott fejezetek a komfortelmélet témaköréből, Akadémiai Kiadó Zrt.

Barótfi István, 2008, Energiagazdálkodás az iparban, Környezet-technikai Szolgáltató Kft.

Beke János,2000, Műszaki hőtan mérnököknek, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó

Épületgépészet 2000 Alapismeretek, 2000, Épületgépészet Kiadó Kft. Budapest

Dr. Fekete Iván-Dr. Menyhárt József, 1975, A légtechnika elméleti alapjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Dr. Fodor A. Csaba: Légtechnikai gyakorlati kézikönyv, 1996, Bornus Könyvkiadó, Pécs

Homornay Györgyné, Épületgépészet 2000, Kő-Print Nyomdaipari Kft.

Kajtár László, Kassai Miklós, 2022, Klímatechnika, Akadémiai Kiadó Zrt.

Keszy-Harmath-Várjon: Klímatervezés, 1974, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

Dr. Magyar Tamás: A helyiség-átöblítés szerepe a légtechnika energiatudatos tervezésében. Magyar Épületgépészet, XVI. évfolyam, 2007/5. szám

Dr. Magyar Tamás: Légtechnikai rendszerek tervezése a megváltozott szabvány környezet-ben. Lindab előadássorozat, 2004

Dr. Magyar Tamás-Vígh Gellért, 2004, Légtechnikai tervezési segédlet. Lindab kft. Ventiláció üzletág kiadása. Biatorbágy

Magyar Zoltán, 2019, Komfortelmélet, BME Épületenergetika és Épületgépészeti Tanszék

Marcsó Sándor, 2010, Légtechnika I. A légtechnika elméleti alapjai, Debreceni Egyetem Műszaki Kar

Marcsó Sándor, 2010, Légtechnika II. Klímaberendezések, Debreceni Egyetem Műszaki Kar

Marschall József, 2009, Áramlástani gépek, Ventillátorok

Dr. Menyhárt József, 1978, Az épületgépészet kézikönyve, Műszaki Könyvkiadó Budapest

Dr. Menyhárt József, 1978, Légtechnika-Méretezési alapadatok, Műszaki Könyvkiadó Budapest

Meszlényi Zoltán: Szellőztető berendezések, 1985, Tankönyvkiadó, Budapest

Meszlényi Zoltán: Klímaberendezések, 1984, Tankönyvkiadó, Budapest

Rechnagel-Sprenger-Schmarek: Fűtés-és klímatechnika 2000, Dialóg-Campus Könyvkiadó, Budapest-Pécs

Schifter Ferenc, Dr. Tolvaj Béla, 2008, Épületenergetika, Nemzeti Tankönyvkiadó

Várjon Dénes: Klímaberendezések automatizálása, 1997, Műszaki könyvkiadó, Budapest

Várjon Dénes: Gazdaságos lég-és hűtőtechnikai berendezések, 1985, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,

MSZ CR 1752:2000 Épületek szellőztetése. Épületek belső környezetének tervezési alapjai.

MSZ EN 15242:2007 Épületek szellőztetése. Épületek légáramlását meghatározó számítási módszerek.

Mellékletek

1-es számú melléklet: GL-01 Kárpitozó üzem – Légtechnika tervrajz

2-es számú melléklet: GL-02 Kárpitozó üzem Légtechnika kapcsolási tervrajz

3-es számú melléklet: GF-01 Kárpitozó üzem Fűtés-Hűtés alaprajz terv

4-es számú melléklet: GF-02 Kárpitozó üzem Fűtés-Hűtés kapcsolási tervrajz

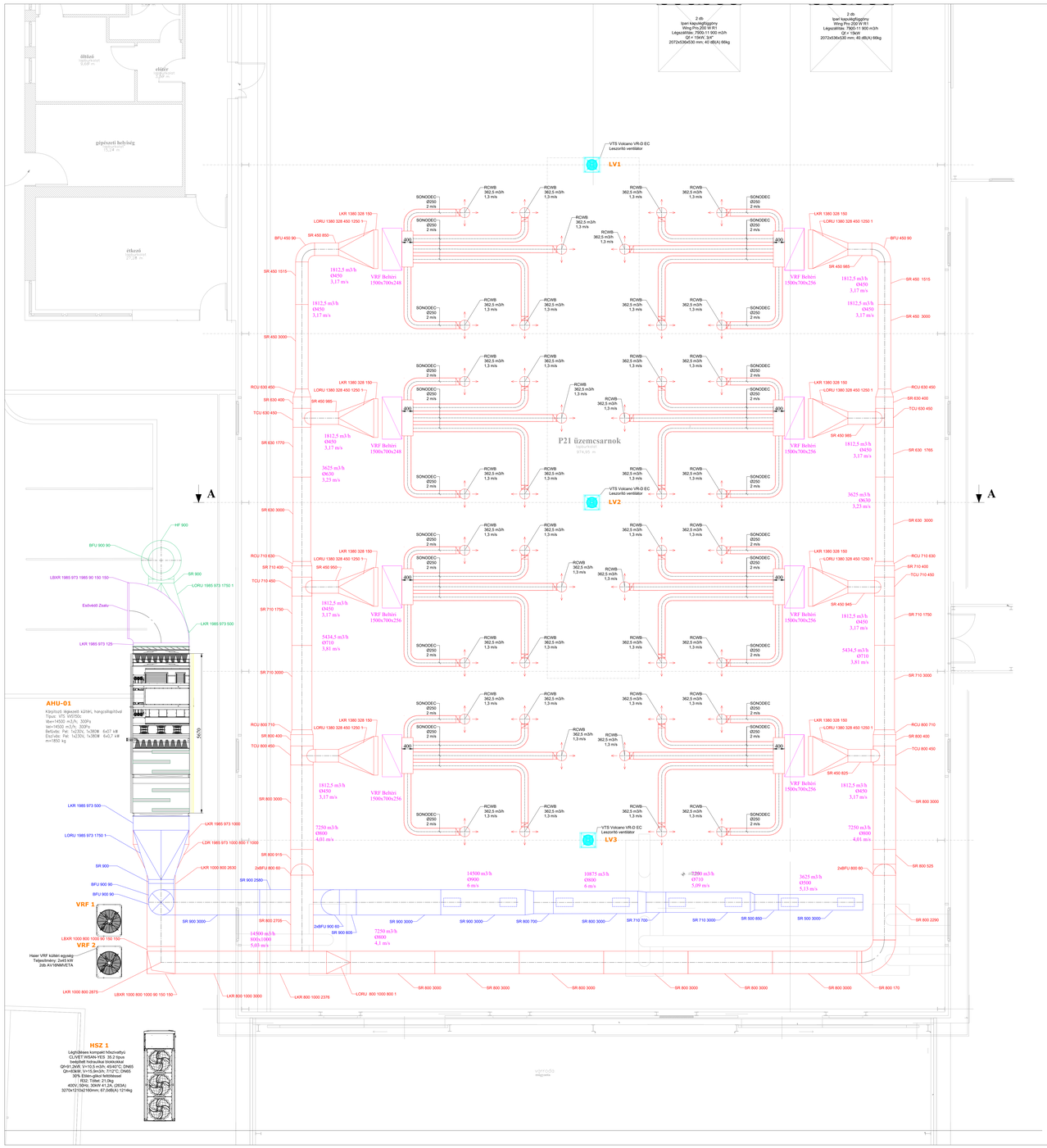
5-ös számú melléklet: Energetikai tanúsítás, hőveszteség számítás

6-os számú melléklet: Légkezelő egység méretezett adatlap

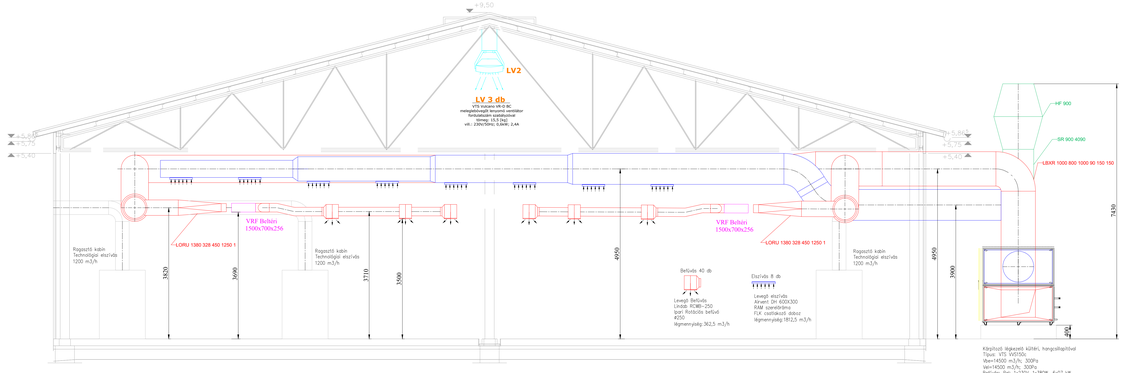
7-es számú melléklet: Levegő-víz hőszivattyú méretezett adatlap

8-as számú melléklet: Légnedvesítő egység méretezett adatlap

9-es számú melléklet: VRF Fűtő-Hűtő egység méretezett adatlap



A - A METSZET



Jelmagyarázat:
Szellőzés szerelés

- Befúvó szellőzési vezeték
- Elszívó szellőzési vezeték
- Kidobott levegő vezeték
- Friss levegő vezeték
- Technológiai elszívó vezeték

VRF beltéri berendezések:
Haier MRV Indoor Medium Pressure tip. légcsatornázható kivitel
AD382MJERA hűtés: Qh= 11,2/ 8,3 kW; fűtés: Qf= 13 kW

Megjegyzés:
A VRF beltéri berendezések teljesítmény adatai a gyárilag beállított közepes fordulatszámra vonatkoznak.
A hűtésre megadott értékek a totál/érezhető hűtőteljesítmény.

Megjegyzés:
- Minden csővezetéket felirati táblával (színjelölés, áramlási iránya) kell ellátni.
- A légkezelő alá MAFUND rezgéscsillapító lemezeket kell elhelyezni.
- Csővezetékeket a gyártó előírásai szerint merevítéssel kell ellátni.
- (saját anyagból, belső átkötő csövek, külső felületre erősített háromszög szerelvényű merevítő léc)
- A kiépített légtechnikai vezetékeken tömörségi vizsgálatokat kell végezni.
- Tűzszakaszon átvezetett légcsatoornába tűzcsappantyút kell beépíteni vagy amennyiben lehetséges minősített építészeti tűzkartonozást kell használni.
- A ventilátorok nyomóoldalán 2D egyen szakaszt kell biztosítani.
- A ventilátorok a légcsatorna hálózatttal rezgéscsillapítóval kell összeépíteni.
- Minden csak elszívással rendelkező belső terű helyiség ajtaját, ajtórács elhelyezése szükséges építész által kialakított módon.
- A légcsatornák 90°-os iránytöréseit ívként kell kiképezni, >800mm feletti méretben gyártói előírás szerinti terelőlemezt kell alkalmazni.
- Az anemosztátok elhelyezésénél a belsőépítészeti és a lámpakiosztási tervez figyelembe kell venni.
- A légcsatorna halózatokon az MSZ EN 12097 szabvány szerinti db számú és pozíciójú tisztítóidomot kell elhelyezni.
- A légcsatornák tengelyközép magassága és alsó síkja az adott emelet szerkezeti szintjétől került megadásra.
- Akusztikai védelem céljából bekerülő flexibilis, vagy merev falú hangcsillapító a védendő tér falszerkezetében kerüljön beépítésre.
- Flexibilis rezonnátor esetében a hangcsillapítóba irányterést kell kialakítani.
- A légtechnikai rendszer beszabályozásához a légmennyiség értékeket a zsalu méreténél jelezzük.
- A befúvó és a frisslevegő légcsatorna hálózatot hőszigetelésssel kell ellátni. A légcsatornák hőszigetelés vastagsága az alábbi.

Épületen belül:
- befúvó légcsatorna: 13 mm Armaflex zártcellás szigetelés
- elszívó légcsatorna: nincs szigetelés

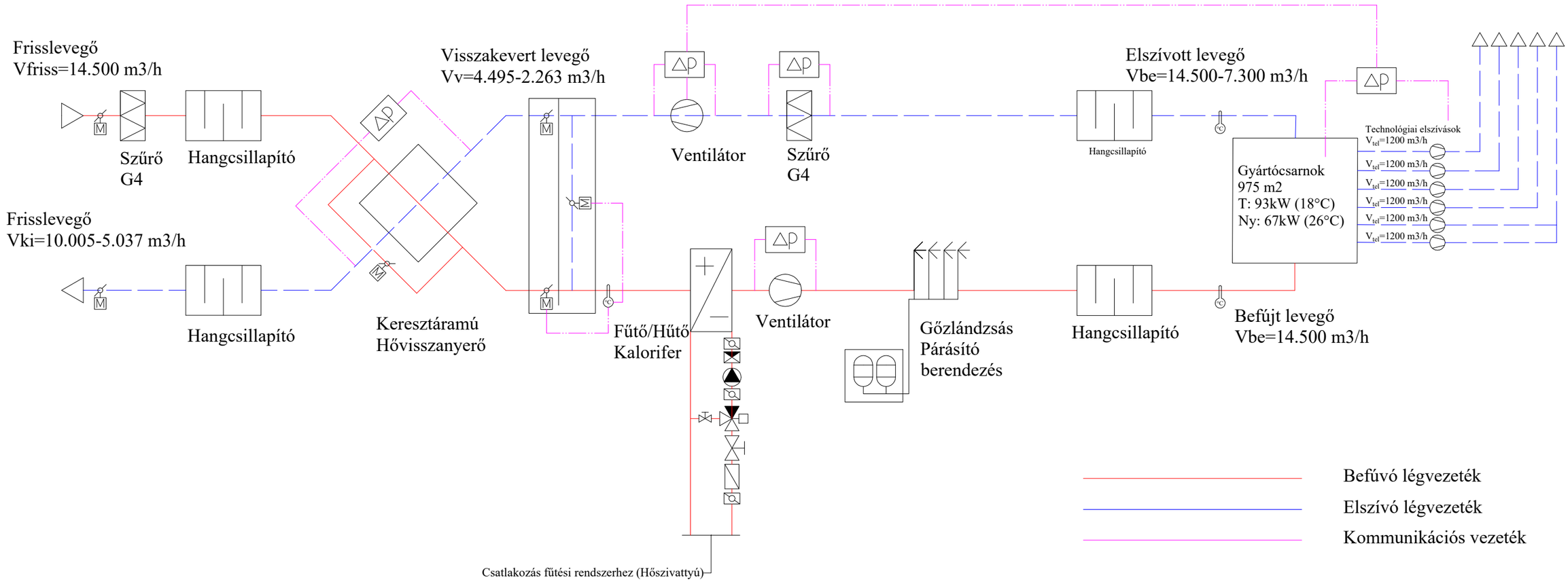
Épületen kívül:
- befúvó és elszívó légcsatorna: kiegészítő 10cm vastag ásványgyapot szigetelés és időjárás álló bádogozás

Négyszög keresztmetszetű légcsatorna:
- A légtechnikai vezetékeket MSZ EN1507 szerinti "B" tömörségi osztálynak megfelelően kell kialakítani.
- DIN 24190:1998-12 szabvány szerinti 1-4 nyomásosztályokra vonatkozó lemezvastagságok:
  <700: 0,6mm; <1300: 0,8mm; <2000: 1,0mm; <2700: 1,1mm

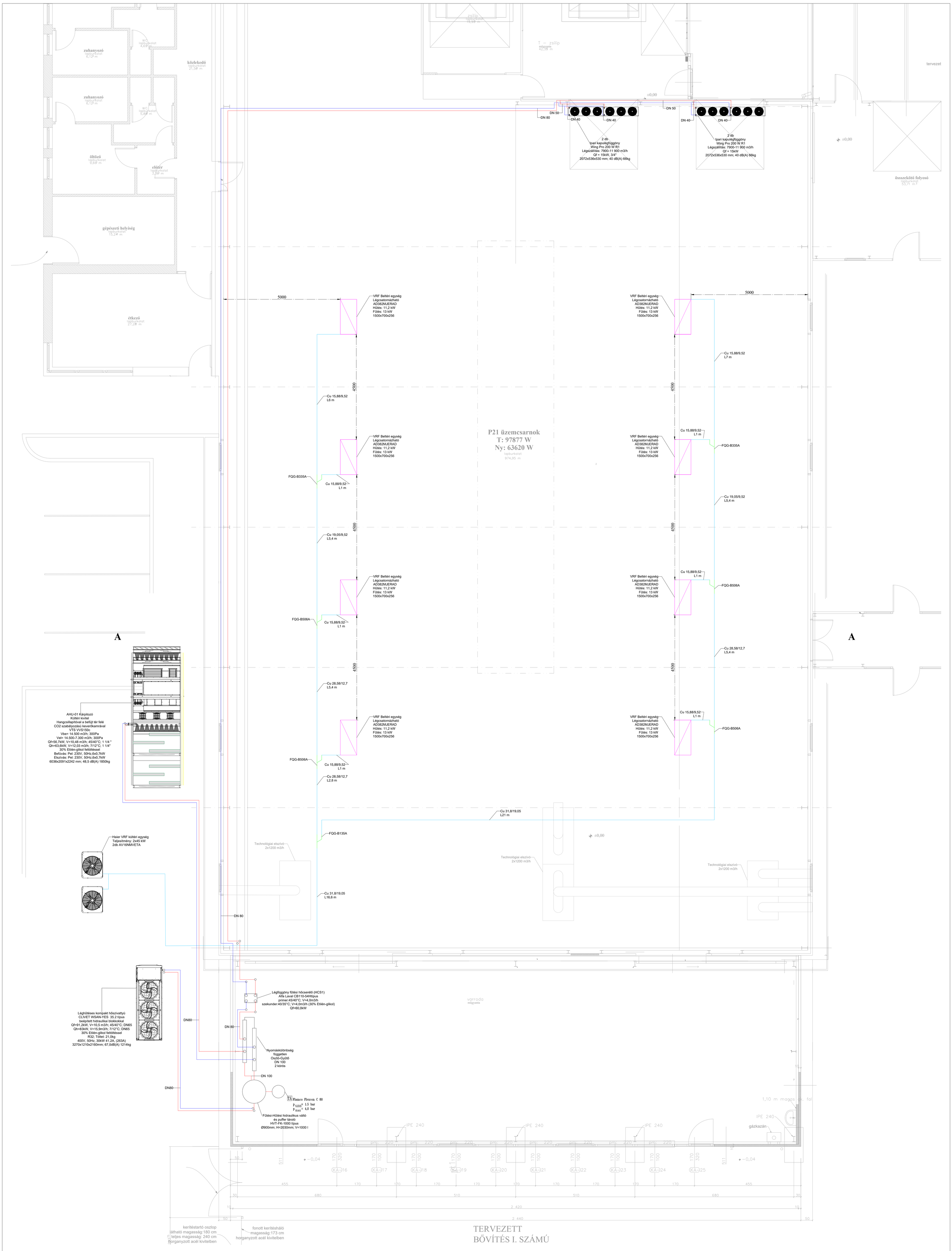
Kör keresztmetszetű légcsatorna:
- A légtechnikai vezetékek MSZ EN 12237 szerinti "B" tömörségi osztálynak megfelelően kell kialakítani.
- Légcsatorna elemek méretei méretei MSZ EN 1506 szabvány szerint

NA 0 - 560mm-ig	0,5mm hga
NA 600-630-ig	0,61mm hga
NA 700-800mm-ig	0,7-0,8mm hga
NA 900-1250mm-ig	1,0 mm hga
NA 1600mm	1,25mm hga

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Létesítménymérnök mesterszak Épületgépészeti és Energetikai Tanszék	Készítette: Gombolai Dávid	Épületgépész szakági terv
	Belső konzulens: Dr. Szabó Márta, Egyetemi docens	GL-01
	Külső konzulens: Hivessy Géza, okl. épületgépészmérnök	Méretarány: 1:50
	Megnevezés: Kárpitozó üzem - Légtechnika	2023.05.02.



Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Létesítménymérnök mesterszak Épületgépészeti és Energetikai Tanszék	Készítette: Gombolai Dávid	Épületgépész szakági terv
	Belső konzulens: Dr. Szabó Márta, Egyetemi docens	GL-02
	Külső konzulens: Hivessy Géza, okl. épületgépészmérnök	Méretarány: 1:50
	Megnevezés: Kárpitozó üzem-Légtechnika Kapcsolási rajz	2023.05.02.



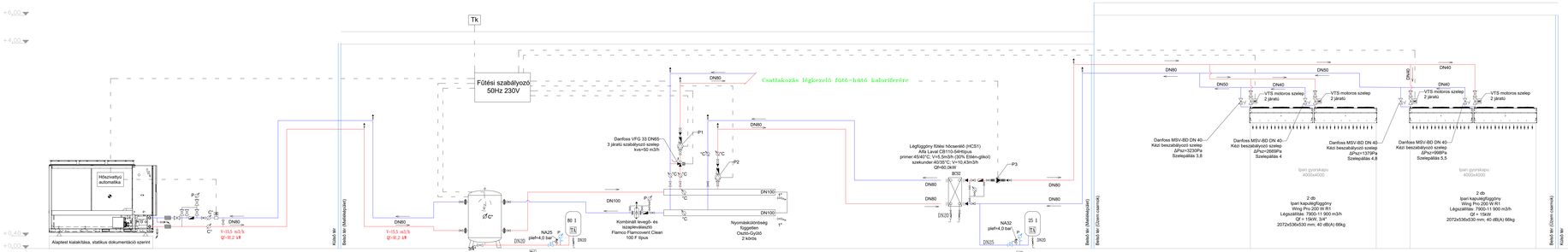
Jelmagyarázat:

- Fűtési-Hűtési előremenő (F:45C° ;H: 7C°)
- Fűtési-Hűtési visszatérő (F:40C°; H:12C°)
- VRF R410a hűtőközeg vezetékpár
- Kommunikációs vezeték

Megjegyzés:

- A berendezések pontos helyét és méretét a kivitelezést megelőzően a helyszínen ellenőrizni kell.
- Fűtésszerelés anyaga: Varratnélküli acélcső MSZ120-2 és MSZ99 A 37 szabvány szerint.
- A VRF rendszer csővezetékeinek anyaga sárgaréz.
- A csővezetékeket folytonos zártcellás szigeteléssel kell ellátni min. 20 mm vastagságúval, mert a rendszert hűtésre is hsználjuk.
- Magas pontokon automata légtelenítőket kell beépíteni.

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Szent István Campus Létesítménymérnök mesterszak Épületgépészeti és Energetikai Tanszék	Készítette: Gombolai Dávid	Épületgépész szakági terv
	Belső konzulens: Dr. Szabó Márta, Egyetemi docens	GF-01
	Külső konzulens: Hivessy Géza, okl. épületgépészmérnök	Méretarány: 1:50
	Megnevezés: Kárpitozó üzem - Fűtés-Hűtés alaprajz	2023.05.02.



Jelmagyarázat:

- Fűtési-Hűtési előremenő (F:45C° ;H: 7C°)
- Fűtési-Hűtési visszatérő (F:40C°; H:12C°)
- VRF R410a hűtőközeg vezetékpár
- Kommunikációs vezeték

Jelmagyarázat:

- Gömbcsap
- Motoros elzáró
- Visszacsapószelep
- Töltő és ürítő
- Biztonsági szelep
- Hőmérő
- Ferdeszelep
- Pillangószelep
- Három járatú motoros szelep
- Gumi kompenzátor
- Szűrő
- Hőmérséklet érzékelő
- Karimapár
- Hőmennyiség mérő
- Elektromos kisérőfűtés
- HT Helyiség termosztát
- HS Hőmérséklet érzékelő
- Hőmérséklet érzékelő
- Automata légtelenítő szelep

Megjegyzés:

- A berendezések pontos helyét és méretét a kivitelezést megelőzően a helyszínen ellenőrizni kell.
- Fűtésszerelés anyaga: Varratnélküli acélcső MSZ120-2 és MSZ99 A 37 szabvány szerint.
- A VRF rendszer csővezetékeinek anyaga sárgaréz.
- A csővezetékeket folytonos zártcellás szigeteléssel kell ellátni min. 20 mm vastagságúval, mert a rendszert hűtésre is használjuk.
- Magas pontokon automata légtelenítőket kell beépíteni.

Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem Szent István Campus	Készítette: Gombolai Dávid		Épületgépész szakági terv
Létesítménymérnök mesterszak	Belső konzulens: Dr. Szabó Márta, Egyetemi docens		GF-02
Épületgépészeti és Energetikai Tanszék	Külső konzulens: Hivessy Géza, okl. épületgépészmérnök		Méretarány: 1:50
	Megnevezés: Kárpítozó üzem-Fűtés-Hűtés kapcsolási rajz		2023.05.02.

Energetikai minőségtanúsítvány összesítő

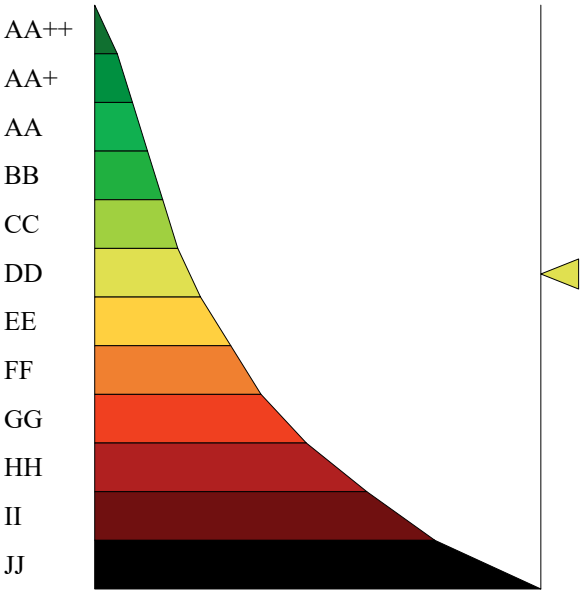
Épület: P21 Kárpitozás - GD
9700 Szombathely P21
Puskás Tivadar utca 21

Megrendelő:

Tanúsító:

Az épület(rész) fajlagos primer energiafogyasztása:	172.90 kWh/m²a
Követelményérték (viszonyítási alap):	118.58 kWh/m²a
Az épület(rész) energetikai jellemzője a követelményértékre vonatkoztatva:	145.80 %

Energetikai minőség szerinti besorolás: **DD** (Korszerűt megközelítő)



Épület védettsége: Nem védett

Épület fűtött szintjeinek száma: 1

A tanúsítvány vegyes számítási módszerrel készült, a hőhidasság egyszerűsített, a sugárzási nyereség egyszerűsített, a hőfokhíd és fűtési idény hossz részletes számítással.

Tanúsítvány azonosítója a tanúsítónál:

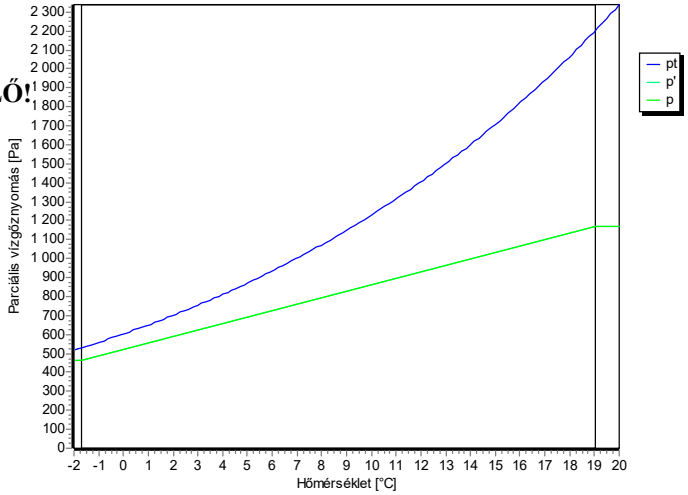
Kelt: 2023. 05. 01. Aláírás

2023. 05. 01.

Szerkezet típusok:

01_Külső fal - Kingspan

Típusa:	külső fal	
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.330	W/m^2K
Megengedett értéke:	0.240	W/m^2K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!		
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.380	W/m^2K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	15	%
Fajlagos tömeg:	2	kg/m^2
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04	m^2K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.13	m^2K/W



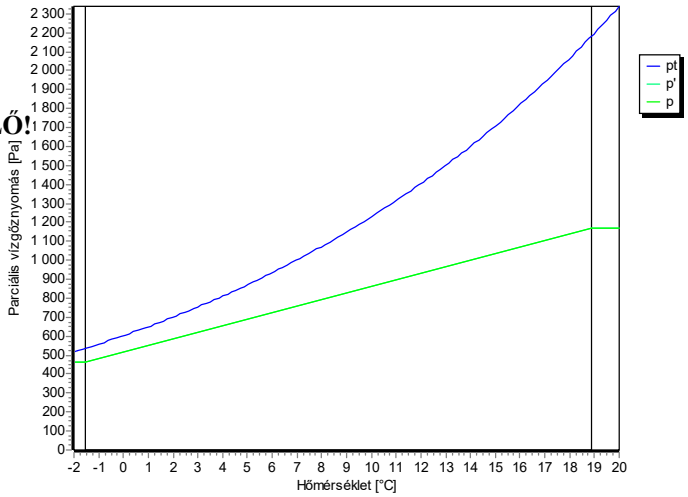
Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No. -	d [cm]	λ [W/mK]	κ -	R [m^2K/W]	ρ [kg/m^3]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F_T*F_m*F [-]
Kingspan szendvics szerkezetű falpanel	1	10	0,035	-	2,8570	20	1,46	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

02_Magastető - Kingspan

Típusa:	tető	
y méret:	1	m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező:	0.503	W/m^2K
Megengedett értéke:	0.170	W/m^2K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!		
Eredő hőátbocsátási tényező:	0.553	W/m^2K
Hőátbocsátási tényezőt módosító tag:	10	%
Fajlagos tömeg:	10	kg/m^2
Fajlagos hőtároló tömeg:	1	kg/m^2
Hőátadási ellenállás kívül:	0.04	m^2K/W
Hőátadási ellenállás belül:	0.10	m^2K/W



Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No. -	d [cm]	λ [W/mK]	κ -	R [m^2K/W]	ρ [kg/m^3]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F_T*F_m*F [-]
Kingspan tetőpanel	1	10	0,054	-	1,8480	100	0,75	0	

Vizsgálati jelentés: A szerkezet a szabvány szerint páradiffúziós szempontból MEGFELELŐ

2023. 05. 01.

03_Padló - csarnok

Típusa: padló (talajra fektetett)
y méret: 1 m
Rétegtervi hőátbocsátási tényező: 0.467 W/m²K
Megengedett értéke: 0.300 W/m²K
A rétegtervi hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
Vonalmenti hőátbocsátási tényező: 0.950 W/mK
Fajlagos tömeg: 850 kg/m²
Fajlagos hőtároló tömeg: 497 kg/m²
Hőátadási ellenállás kívül: 0.00 m²K/W
Hőátadási ellenállás belül: 0.17 m²K/W
Padlószint magassága: 0 m
Rétegek kívülről befelé

Réteg megnevezés	No. -	d [cm]	λ [W/mK]	κ -	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [kJ/kgK]	Sd [m]	F_T*F_m*F [-]
tömörített bazalt zuzalék	1	20	0,350	-	0,5714	1800	0,84	0	
2 rtg. párazáró fólia terítés	2	0,2	0,200	-	0,0100	-	-	0	
hőszigetelő	3	5	0,040	-	1,2500	20	1,46	0	
vasalt aljzatbeton	4	20	1,550	-	0,1290	2400	0,84	0	
műgyanta padlóbevonat	5	0,5	0,380	-	0,0132	1800	1,47	0	

04_Tetőfelülvilágító

Típusa: felülvilágító
x méret: 33 m
y méret: 1,8 m
Hőátbocsátási tényező: 2.500 W/m²K
Megengedett értéke: 1.700 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
Üvegezési arány: 80 %
Üvegezés g értéke: 0.870

05_Ajtó

Típusa: üvegezett ajtó (külső, fa vagy PVC)
x méret: 1,2 m
y méret: 2,4 m
Hőátbocsátási tényező: 1.800 W/m²K
Megengedett értéke: 1.150 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
Üvegezési arány: 80 %
Üvegezés g értéke: 0.783

06_Ablak

Típusa: ablak (külső, fa vagy PVC)
x méret: 1,2 m
y méret: 4,5 m
Hőátbocsátási tényező: 1.800 W/m²K
Megengedett értéke: 1.150 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!
Üvegezési arány: 80 %
Üvegezés g értéke: 0.783

07_Ipari kapu

Típusa: ipari és tűzgátló ajtó és kapu
x méret: 3 m
y méret: 3 m
Hőátbocsátási tényező: 4.000 W/m²K
Megengedett értéke: 2.000 W/m²K
A hőátbocsátási tényező NEM MEGFELELŐ!

2023. 05. 01.

Határoló szerkezetek:

Szerkezet megnevezés	tájolás	Hajlásszög [°]	U [W/m²K]	U* [W/m²K]	A [m²]	Ψ [W/mK]	L [m]	AU*+LΨ [W/K]	$A_ü$ [m²]	Q_{sd} [kWh/a]
01_Külső fal - Kingspan	DK	függőleges	0,38	0,38	131,0	-	-	49,8	-	
06_Ablak	DK	függőleges	1,8	1,8	19,8	-	-	35,6	15,8	1240,
05_Ajtó	DK	függőleges	1,8	1,8	2,9	-	-	5,2	2,3	180,
01_Külső fal - Kingspan	DNY	függőleges	0,38	0,38	108,8	-	-	41,3	-	
07_Ipari kapu	DNY	függőleges	4	4	27,0	-	-	108,0	-	
01_Külső fal - Kingspan	ÉNY	függőleges	0,38	0,38	229,7	-	-	87,3	-	
06_Ablak	ÉNY	függőleges	1,8	1,8	30,6	-	-	55,1	24,5	1917,
05_Ajtó	ÉNY	függőleges	1,8	1,8	5,8	-	-	10,4	4,6	360,
02_Magastető - Kingspan	DK	30°	0,553	0,553	520,1	-	-	287,6	-	
04_Tetőfelülvilágító	DK	30°	2,5	2,5	32,4	-	-	81,0	25,9	2255,
02_Magastető - Kingspan	ÉNY	30°	0,553	0,553	520,1	-	-	287,6	-	
04_Tetőfelülvilágító	ÉNY	30°	2,5	2,5	32,4	-	-	81,0	25,9	2255,
03_Padló - csarnok			-	-	975,0	0,95	25,2	23,9	-	

Hőtároló tömegek:

Megnevezés	A [m²]	m_t [kg/m²]	M_t [t]
03_Padló - csarnok	975,0	497	484,58
02_Magastető - Kingspan	1040,2	1	1,04
Összesen	-	-	485,62

m_t: 498 kg/m² (Fajlagos hőtároló tömegek számított értéke)

Épület tömeg besorolása: nehéz (mt > 400 kg/m2)

ε:	0.75	(Sugárzás hasznosítási tényező)
A:	2635.5 m²	(Fűtött épület(rész) térfogatot határoló összfelület)
V:	7507.1 m³	(Fűtött épület(rész) térfogat)
A/V:	0.351 m²/m³	(Felület-térfogat arány)
$Q_{sd}+Q_{sid}$:	(8210 + 0) * 0,75 = 6157 kWh/a	(Sugárzási hőnyereség)
ΣAU + ΣlΨ:	1153.8 W/K	

$q = [\Sigma AU + \Sigma l\Psi - (Q_{sd} + Q_{sid})/72]/V = (1153,8 - 6157 / 72) / 7507,11$

q:	**0.142 W/m³K**	(Számított fajlagos hőveszteségtényező)
$q_{max,kn}$:	**0.174 W/m³K**	(Közel nulla energiaigényű épületek megengedett fajlagos hőveszteségtényező)

Az épület fajlagos hőveszteségtényezője a közel nulla energiaigényű épületek követelményszintnek megfelel.

Energia igény tervezési adatok

Épület(rész) jellege: Egyéb

A_N:	975.00 m²	(Fűtött alapterület)
n:	0.80 1/h	(Átlagos légcsereszám a fűtési idényben)
σ:	1.00	(Szakaszos üzem korrekciós szorzó)
$Q_{sd}+Q_{sid}$:	(2,22 + 0) * 0,75 = 1,66 kW	(Sugárzási nyereség)
q_b:	30.00 W/m²	(Belső hőnyereség átlagos értéke)
$E_{vil,n}$:	3.00 kWh/m²a	(Világítás fajlagos éves nettó energia igénye)
q_{HMV}:	9.00 kWh/m²a	(Használati melegvíz fajlagos éves nettó hőenergia igénye)
$n_{nyár}$:	9.00 1/h	(Légcsereszám a nyári idényben)
$Q_{sdnyár}$:	14,2 kW	(Sugárzási nyereség)

2023. 05. 01.

Fajlagos értékekből számolt igények

$Q_b = \Sigma A_N q_b$:	29250	W	(Belső hőnyereségek összege)
$Q_{b,\varepsilon} = \Sigma A_N q_b \varepsilon$:	21938	W	(Belső hőnyereségek összege a hasznosítással)
$\Sigma E_{vil,n} = \Sigma A_N E_{vil,n}$:	2925	kWh/a	(Világítás éves nettó energia igénye)
$Q_{HMV} = \Sigma A_N q_{HMV}$:	8775	kWh/a	(Használati melegvíz éves nettó hőenergia igénye)
$V_{átl} = \Sigma Vn$:	6005.7	m^3/h	(Átlagos levegő térfogatáram a fűtési idényben)
$V_{LT} = \Sigma Vn_{LT} * Z_{LT}/Z_F$:	0.0	m^3/h	(Levegő térfogatáram a használati időben)
$V_{inf} = \Sigma Vn_{inf} * (1-Z_{LT}/Z_F)$:	0.0	m^3/h	(Levegő térfogatáram a használati időn kívül)
$V_{dt} = \Sigma(V_{átl} + V_{LT}(1-\eta) + V_{inf})$:	6005.7	m^3/h	(Légmennyiség a téli egyensúlyi hőm. különbséghez.)
$V_{nyár} = \Sigma Vn_{nyár}$:	67564.0	m^3/h	(Levegő térfogatáram nyáron)

Fűtés éves nettó hőenergia igényének meghatározása

$\Delta t_b = (Q_{sd} + Q_{sid} + Q_{b,\varepsilon}) / (\Sigma AU + \Sigma l\Psi + 0{,}35V_{dt}) + 2$

$\Delta t_b = (1662 + 21937{,}5) / (1153{,}8 + 0{,}35 * 6005{,}69) + 2 = 9.2$ °C

t_i:	18.0	°C	(Átlagos belső hőmérséklet)
H:	55994	hK/a	(Fűtési hőfokhíd)
Z_F:	3454	h/a	(Fűtési idény hossza)

$Q_F = H[Vq + 0{,}35\Sigma V_{inf,F}]\sigma - P_{LT,F} - Z_F - Z_F Q_{b,\varepsilon}$

$Q_F = 55{,}994 * (7507{,}11 * 0{,}142 + 0{,}35 * 6005{,}7) * 1 - 0 * 3{,}454 - 3{,}454 * 21937{,}5 = 101{,}6$ MWh/a

q_F:	**104.22**	**kWh/m^2a**	(Fűtés éves fajlagos nettó hőenergia igénye)

Nyári túlmelegedés kockázatának ellenőrzése

$\Delta t_{bnyár} = (Q_{sdnyár} + Q_b) / (\Sigma AU + \Sigma l\Psi + 0{,}35V_{nyár})$

$\Delta t_{bnyár} = (14205 + 29250) / (1153{,}8 + 0{,}35 * 67564) = 1.8$ °C

$\Delta t_{bnyármax}$:	3.0	°C	(A nyári felmelegedés elfogadható értéke)
$n_{hű}$:	7.11	nap	(Hűtési napok száma)

$Q_{hű} = 24/1000 * n_{hű} * (\Sigma A_n * q_b + Q_{sdnyár})$

$Q_{hű} = 24/1000 * 7{,}11 * (14205 + 29250) = 7{,}4104$ MWh/a

A nyári felmelegedés elfogadható mértékű.

2023. 05. 01.

Csarnok-Fűtés

Az épületrész hőellátását, Omega típusú feketesugárzók biztosítják.

A_N: 974.95 m^2 (a rendszer alapterülete)

q_f: 104.22 kWh/m^2a (a fűtés fajlagos nettó hőenergia igénye)

Feketesugárzó

e_f: 1.00 (földgáz)

e_{sus}: 0.00

C_k: 1.40 (a hőtermelő teljesítménytényezője)

$q_{k,v}$: 0.00 kWh/m^2a (segédenergia igény)

Gázkonvektor szabályozás nélkül

$q_{f,h}$: 15.00 kWh/m^2a (a teljesítmény és a hőigény illesztésének pontatlansága miatti veszteség)

Elosztási veszteség nincs

$q_{f,v}$: 0.00 kWh/m^2a (az elosztóvezetékek fajlagos vesztesége)

Keringtetési energia igény nincs

E_{FSz}: 0.00 kWh/m^2a (a keringtetés fajlagos energia igénye)

Tárolási veszteség nincs

$q_{f,t}$: 0.00 kWh/m^2a (a hőtárolás fajlagos vesztesége és segédenergia igénye)

E_{FT}: 0.00 kWh/m^2a

$E_F = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t})\Sigma\ (C_k\alpha_k e_f) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v})e_v$

$\mathbf{E_F}$ = (104,22 + 15 + 0 + 0) * 1,4 + (0 + 0 + 0) * 2,5 = **166.91 kWh/m^2a**

$E_{F\ sus} = (q_f + q_{f,h} + q_{f,v} + q_{f,t})\Sigma\ (C_k\alpha_k e_{f\ sus}) + (E_{FSz} + E_{FT} + q_{k,v})e_{v\ sus}$

$E_{F\ sus}$ = (104,22 + 15 + 0 + 0) * 0 + (0 + 0 + 0) * 0,1 = 0.00 kWh/m^2a

Világítási rendszer

A_N: 975.00 m^2 (a rendszer alapterülete)

υ: 0.80 (a világítás korrekciós szorzója)

$E_{vil} = (\Sigma E_{vil,n}/A_N)\upsilon e_v$

$\mathbf{E_{vil}}$ = 3 * 0,8 * 2,5 = **6.00 kWh/m^2a**

$E_{vil\ sus} = (\Sigma E_{vil,n}/A_N)\upsilon e_{v\ sus}$

$E_{vil\ sus}$ = 3 * 0,8 * 0,1 = 0.24 kWh/m^2a

2023. 05. 01.

A referencia épület adatai

n:	0.80	1/h	(Átlagos légcsereszám a fűtési idényben)
σ:	0.90		(Szakaszos üzem korrekciós szorzó)
q_b:	30.00	W/m^2	(Belső hőnyereség átlagos értéke)
$E_{vil,n}$:	3.00	kWh/m^2a	(Világítás fajlagos éves nettó energia igénye)
υ:	1.00		(Világítás korrekciós szorzó)
q_{HMV}:	9.00	kWh/m^2a	(Használati melegvíz fajlagos éves nettó hőenergia igénye)

A fűtési rendszer

Hőtermelő a fűtött téren kívül

Elosztóvezetékek a fűtött téren kívül

E_F:	108.58	kWh/m^2a	(Fűtés éves fajlagos primer energiaigénye)

A melegvíz termelő rendszer

Elosztóvezetékek a fűtött téren kívül

Tároló a fűtött téren kívül

E_{HMV}:	12.51	kWh/m^2a	(Melegvíz termelés éves fajlagos primer energiaigénye)

Világítás

E_{vil}:	7.50	kWh/m^2a	(Világítás éves fajlagos primer energiaigénye)

Az épület(rész) összesített energetikai jellemzője

$E_P = E_F + E_{HMV} + E_{vil} + E_{LT} + E_{hű} + E_{+-} = 166,9 + 0 + 6 + 0 + 0 + 0$

E_P:	**172.90**	**kWh/m^2a**	(az összesített energetikai jellemző számított értéke)
E_{Pmax}:	**118.58**	**kWh/m^2a**	(az összesített energetikai jellemző megengedett értéke)

Az épület(rész) az összesített energetikai jellemző alapján NEM FELEL MEG!

MER = 0.0 % (Megújuló részarány)

Becsült éves fogyasztás energiahordozók szerint

Energiahordozó típusa	E [MWh/a]	e [-]	E_{prim} [MWh/a]	e_{CO2} [g/kWh]	E_{CO2} [t/a]	H	F [/a]
elektromos áram	2,34	2,50	5,85	365	0,85	-	2,3 MWh
földgáz	162,73	1,00	162,73	202	32,87	36000 kJ/m3	16273,0 m3
Összesen			168,58		33,73		

A számítás a 7/2006. TNM rendelet 2021.I.1-i állapot szerint készült.

A közel nulla energiaigényű épületek követelményszint (6. melléklet) szerint.

.....
aláírás

2023. 05. 01.

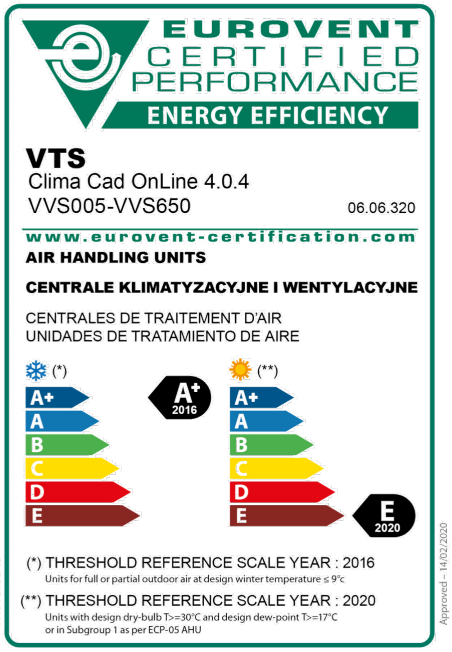
VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7

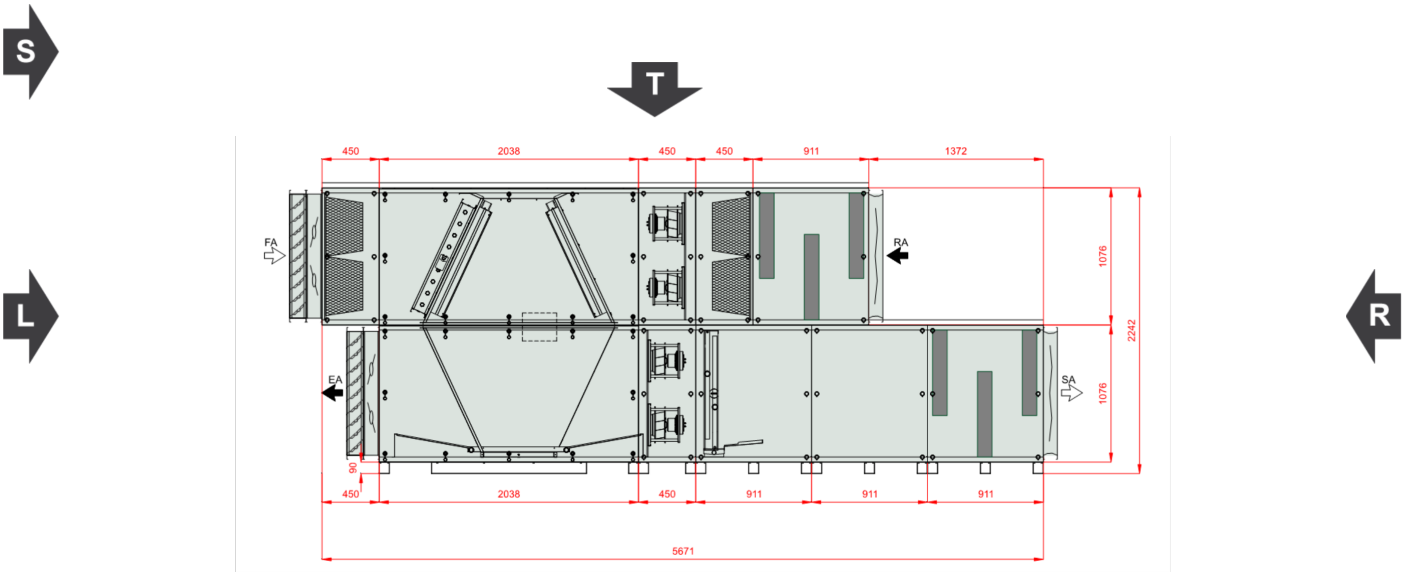
Ajánlat száma **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Projekt neve TESZT

Típus	RecoveryHexVerticalCompact
Alkalmazás	Kültéri
Légkezelő neve	AHU-01 14500/14500
Méret	VVS150c
Összeállítás	VVS150c-R-FPMVCES/VVS150c-L-SFVMP_cd
Falvastagság	40 mm
Szigetelés	Ásványgyapot
Súly ((+/- 10%)*	1850 Kg
Befúvás	14500,00 m³/h
Külső nyomás	300 Pa
Elszívás	14500,00 m³/h
Külső nyomás	300 Pa
SFP Tél	1,83 kW/m³/s
SFP Nyár	1,86 kW/m³/s
Ecodesign	Igen (2018 +)
Eurovent Energiahatékonysági osztály (Winter 2016 / Summer 2020)	A+ E 2020 Budapest



Légkezelő rajzai



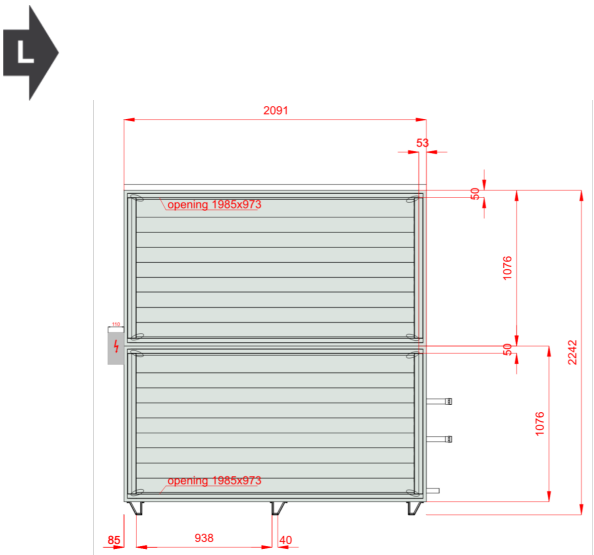
Megjegyzés 1:

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

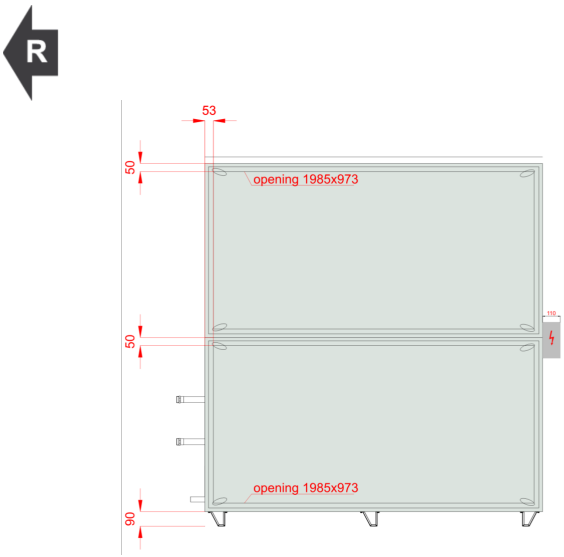
Légkezelő sorszáma 7

Ajánlat száma **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

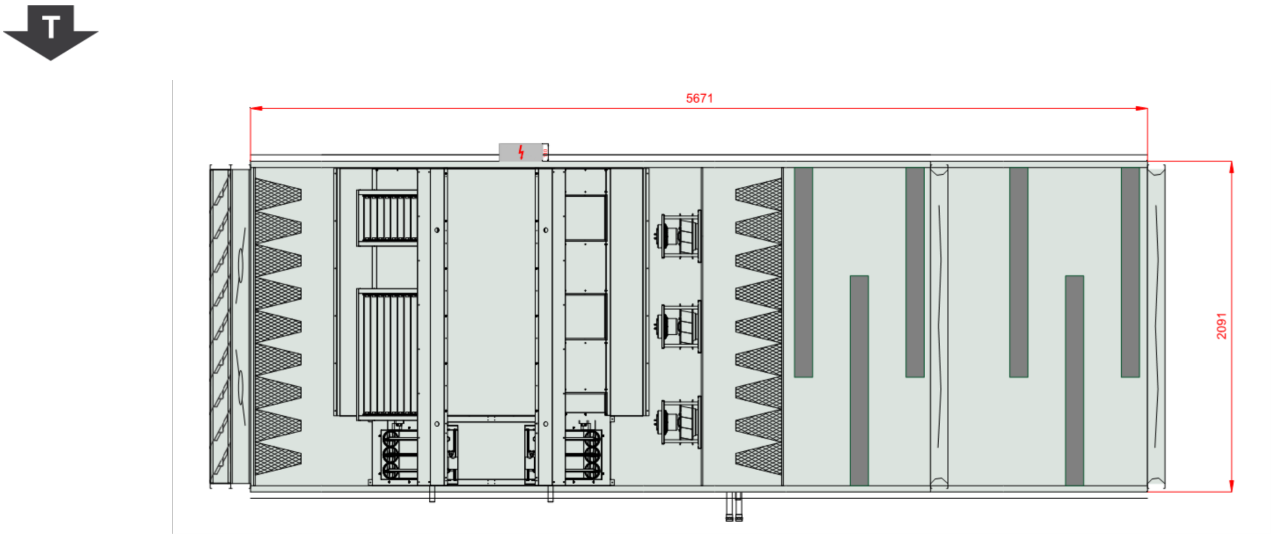
Elölnézet (balról)



Elölnézet (jobbról)



Felülnézet

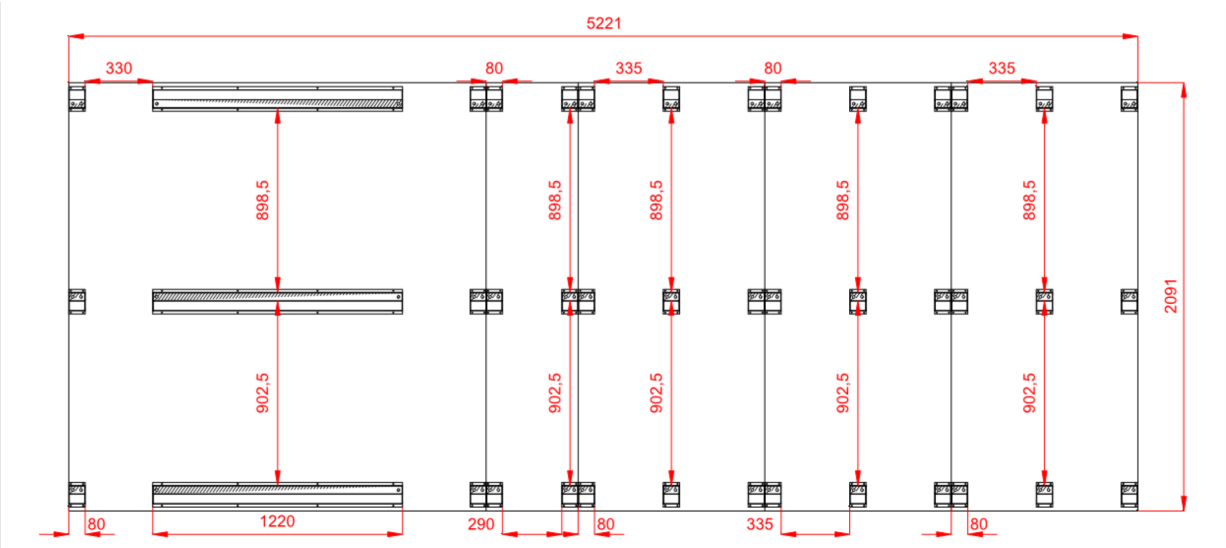


VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7

Ajánlat száma **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Alapkeret felülnézet



Méretek [mm]

Belépő levegő befúvás	FF	1985x973	**Lt**	5671	**Hi**	996	**Wi**	2011
Kilépő levegő befúvás	FF	1985x973	**LtA**	6036	**H**	1166	**W**	2091
			L1	5221	**H2**	2242		
Belépő levegő elszívás	FF	1985x973	**L2**	4299	**Hf**	90		
Kilépő levegő elszívás	FF	1985x973	**L11**	450				
			L22	1372				

Készülékház

40mm insulated walls , double skin made of steel

Unit Power Supply 400V/3ph/50Hz

Casing anti-corrosion protection: Aluzinc AZ 150. Corrosion resistance (salt spary test): over 2400 hours

In case of delivery with controls a base unit fully wired, with pre-configured controller and EC motors drives

Energy recovery efficiency exceeding 86% (for EC 1253/2014 conditions)

Hőmérséklet adatok

Reference atmospheric pressure 101325 Pa **Téli külső hőmérséklet -13,0 °C**

	Külső levegő			Elszívott levegő		
	DBT	RH	DA	DBT	RH	DA
Nyár	35,0 °C	40 %	1,2000 kg/m³	28,0 °C	50 %	1,2000 kg/m³
Tél	-13,0 °C	90 %	1,2000 kg/m³	18,0 °C	40 %	1,2000 kg/m³

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7

Ajánlat száma **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Befúvó

Rövid zsákos szűrő

Típus G4/300.Bag.Int.Sld

Coarse 80% (ISO 16890) - EFF CLASS E	Bag[5.0]/300

Energiahatékonysági osztály	E		
Téli üzem		**Nyári üzem**	
Méretezési nyomásesés	60 Pa	Méretezési nyomásesés	60 Pa
Kezdeti nyomásesés	21 Pa	Kezdeti nyomásesés	21 Pa
Végső nyomásesés	100 Pa	Végső nyomásesés	100 Pa
Légsebesség	1,40 m/s	Légsebesség	1,40 m/s
Filter Sizes			
VS B,FLT G4 490x490 VS B,FLT G4 490x490 (1-2-0302-0004)	8,000 x Pcs		

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Keresztáramú hővisszanyerő (Hexagonális)

Típus PCR VVS150c Hex

HIPS 2.0 (SR)

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Befúvás		**Befúvás**	
Belépő levegő DBT / RH	-13,0 °C / 90 %	Belépő levegő DBT / RH	35,0 °C / 40 %
Kilépő levegő DBT / RH	15,9 °C / 10 %	Kilépő levegő DBT / RH	29,2 °C / 56 %
Légsebesség	1,48 m/s	Légsebesség	1,48 m/s
Nyomás esés Nedves/Száraz Wet	100 Pa	Nyomás esés Nedves/Száraz Wet	118 Pa
Levegő nyomása	101325 Pa	Levegő nyomása	101325 Pa
Levegő sűrűség	1,2000 kg/m³	Levegő sűrűség	1,2000 kg/m³
Lészállítás	10005,00 m³/h	Lészállítás	10005,00 m³/h
Hővisszanyerő teljesítménye Szenzibilis/Teljes Total	97,1 kW	Hővisszanyerő teljesítménye Szenzibilis/Teljes Total	-19,7 kW
Tényleges hatásfok / kiegyenlített szellőzés esetén Real / BalancedFlow	93 % / 93 %		
Száraz hővisszanyerés télen	84 %		

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Elszívás		**Elszívás**	
Belépő levegő DBT / RH	18,0 °C / 40 %	Belépő levegő DBT / RH	28,0 °C / 50 %
Kilépő levegő DBT / RH	-4,9 °C / 99 %	Kilépő levegő DBT / RH	34,1 °C / 35 %
Légsebesség	1,48 m/s	Légsebesség	1,48 m/s
Nyomás esés Nedves/Száraz Wet	112 Pa	Nyomás esés Nedves/Száraz Wet	115 Pa
Levegő nyomása	101325 Pa	Levegő nyomása	101325 Pa
Levegő sűrűség	1,2000 kg/m³	Levegő sűrűség	1,2000 kg/m³
Lészállítás	10005,00 m³/h	Lészállítás	10005,00 m³/h
Hővisszanyerő Bypass	Igen	Eco Design osztály	Eco Design
Zsalu	Nem		

Hexagonális

Max. Belső szivárgás 0,25%

Resp_Recovery_Info_Name

PlateExchangers

Keverőkamra beépített PCR bypassal

Keverőkamra

Integrated

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Visszakeverés	31 %	Visszakeverés	31 %
Befúvás belépő	15,9 °C/10 %	Befúvás belépő	29,2 °C/56 %
Elszívás belépő DBT/RH	18,0 °C/40 %	Elszívás belépő DBT/RH	28,0 °C/50 %
Befúvás kilépő DBT/RH	16,5 °C/20 %	Befúvás kilépő DBT/RH	28,8 °C/54 %
Szenzibilis hővisszanyerési teljesítmény	3,2 kW	Szenzibilis hővisszanyerési teljesítmény	1,8 kW

Resp_MixingChamber_Info_Name

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Mixings

Ventilátor szekció

Ventilátor Szekció PLUG_DD_250_0,70_1.58

EC_IE4_F_IMB14_71_1.58p_T	771.3.570		250|0.7kW|1.58x6
		Darabszám	x 6

Ventilátor nedves üzemi körülményekhez tervezve

A ventilátor paraméterei figyelembe véve a tervezés során

Ventilátor PLUG_VS_250_AF_Px 6

Teljes statikus nyomás	542 Pa	Járókerék hatékonyság: Statikus/Teljes	64 %/74 %
Dinamikus nyomás	85 Pa	Tengelyteljesítmény	0,57 kW x 6
Külső nyomás	300 Pa	Munkaponti fordulatszám	3696 1/min
Teljes nyomás	627 Pa		
Téli üzem		**Nyári üzem**	
Lészállítás	14500,00 m³/h	Lészállítás	14500,00 m³/h

Motor EC_IE4_F_71_IMB14_1.58p_0.7_50x 6

771.3.570	EC		50Hz
		Névleges fordulatszám	4000 1/min
Üzemi feszültség	230 V/1 ph	Névleges teljesítmény	0,70 kW x 6
Ventilátor motor névleges feszültsége	230 V/1 ph/50 Hz		

EC Motor Controller

EC Controller Settings	46 Hz

Téli üzem		**Nyári üzem**	
EPC átlagosan szennyezett szűrőknél	3,97 kW	EPC átlagosan szennyezett szűrőknél	4,07 kW
EPC tiszta szűrőknél	3,75 kW	EPC tiszta szűrőknél	3,85 kW
SFP tiszta szűrőknél	0,93 kW/m³/s	SFP tiszta szűrőknél	0,96 kW/m³/s

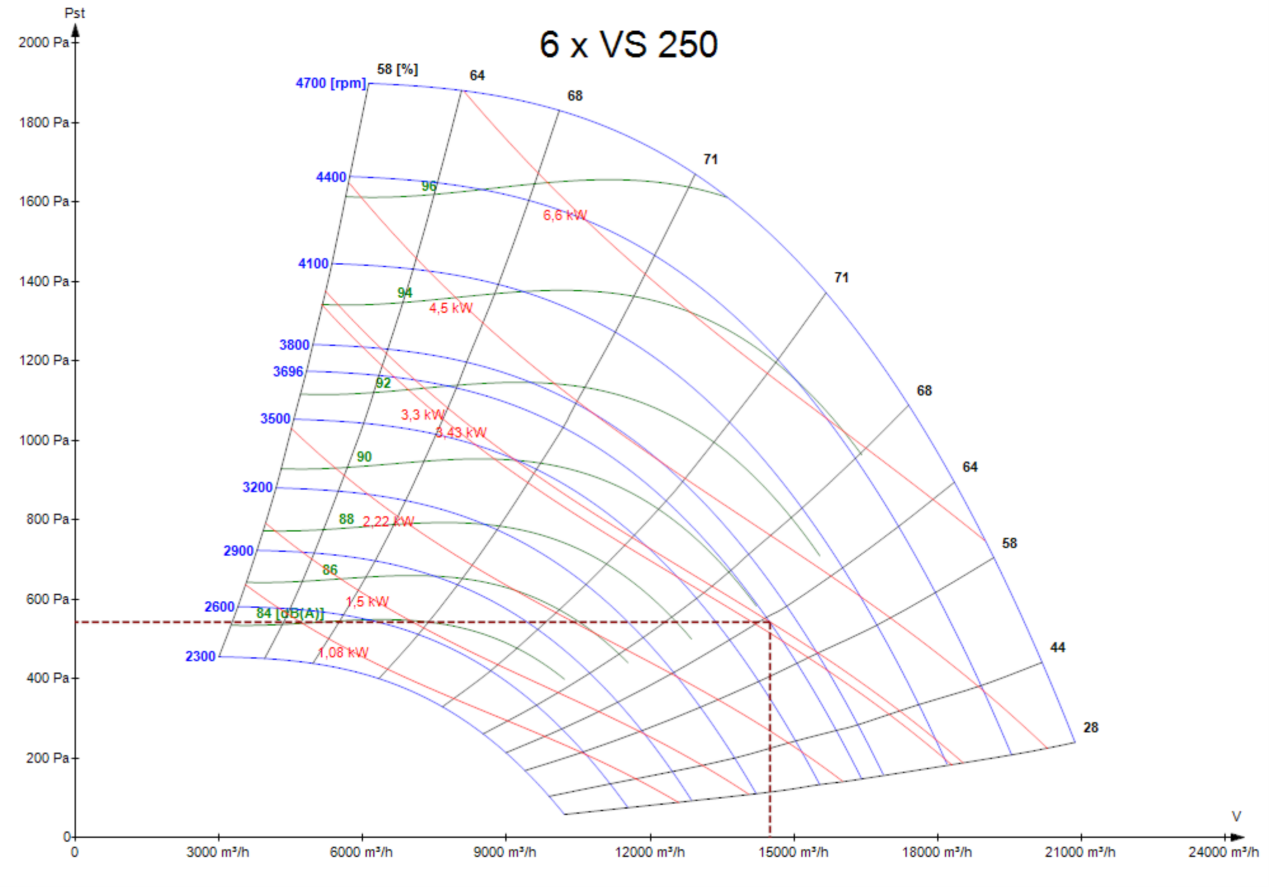
Resp_FanSection_PowerSupply_Info_Name

C40/3

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Resp_FanSection_FanGraph



Vizes hűtőegység fűtési opcióval

Típus WCL VVS150c 2R DT SH.St.St.Std **Csősorok száma** 2 **Csőcsatlakozás mérete** 1 1/4"/1 1/4"

Standard Circuits	12,87 [dm^3]		
Közeg	Ethylene	Maximum üzemi nyomás	16 bar
Glikol tartalom	30,00 %		
Belépő levegő DBT / RH	28,8 °C / 54 %	Kilépő levegő DBT / RH	22,0 °C / 74 %
Légsebesség	2,38 m/s	Nyomás esés Nedves/Száraz Wet / Dry	59 Pa / 42 Pa
Levegő nyomása	101325 Pa	Levegő sűrűség	1,2000 kg/m³
Lészállítás	14500,00 m³/h		
Hűtési teljesítmény Szenzibilis / Teljes	33,8 kW/47,6 kW	Közeg hőmérséklet: belépő / kilépő	7,0 °C/12,0 °C
Közeg tömegárama	9,01 m³/h	Közeg nyomásesése	36,78 kPa

Fűtési üzem

Standard Circuits	12,87 [dm^3]

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Közeg	Ethylene	Maximum üzemi nyomás	16 bar
Glikol tartalom	30,00 %		
Belépő levegő DBT / RH	16,5 °C / 20 %	Kilépő levegő DBT / RH	22,0 °C / 14 %
Légsebesség	2,33 m/s	Nyomás esés Nedves/Száraz Wet	44 Pa
Levegő nyomása	101325 Pa	Levegő sűrűség	1,2000 kg/m³
Lészállítás	14500,00 m³/h		
Fűtési teljesítmény	26,7 kW	Közeg hőmérséklet: belépő / kilépő	40,0 °C/35,0 °C
Közeg tömegárama	4,94 m³/h	Közeg nyomásesése	10,92 kPa

Üreselem

Típus EMP.SEC VVS150c Medium

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Légsebesség	2,02 m/s	Légsebesség	2,02 m/s

Resp_EmptySection_Info_Name

EmptySections

Hangcsillapító

Típus SLNCR VVS150c Mod3

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Levegő nyomásesés (Nedves körülmények)	19 Pa	Levegő nyomásesés (Nedves körülmények)	19 Pa

Resp_Silencer_Info_Name

Silencers

Akusztikai adatok

Hangteljesítmény szint [dB(A)]	Frekvencia	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lw [dB(A)]
Belépő	[dB(A)]	0,0	61,2	67,4	65,2	60,1	56,7	59,3	56,4	71,1
Kilépő	[dB(A)]	0,0	49,0	57,5	53,8	48,4	43,1	33,5	28,6	59,9
Lesugárzott	[dB(A)]	0,0	45,3	56,7	54,6	48,9	41,3	33,7	20,1	59,5

Hangnyomás szint a géptől 1 méter távolságban [dB(A)]	Frekvencia	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lp [dB(A)]
	[dB(A)]	0,0	34,3	45,7	43,6	37,9	30,3	22,7	9,1	48,5

Elszívó

Hangcsillapító

Típus SLNCR VVS150c Mod3

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Levegő nyomásesés (Nedves körülmények)	19 Pa	Levegő nyomásesés (Nedves körülmények)	19 Pa

Resp_Silencer_Info_Name

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Silencers

Rövid zsákos szűrő

Típus G4/300.Bag.Int.Sld

Coarse 80% (ISO 16890) - EFF CLASS E	Bag[5.0]/300		
Energiahatékonysági osztály	E		
Téli üzem		**Nyári üzem**	
Méretezési nyomásesés	72 Pa	Méretezési nyomásesés	72 Pa
Kezdeti nyomásesés	44 Pa	Kezdeti nyomásesés	44 Pa
Végső nyomásesés	100 Pa	Végső nyomásesés	100 Pa
Légsebesség	2,02 m/s	Légsebesség	2,02 m/s
Filter Sizes			
VS B,FLT G4 490x490 VS B,FLT G4 490x490 (1-2-0302-0004)	8,000 x Pcs		

Ventilátor szekció

Ventilátor Szekció PLUG_DD_250_0,70_1.58

EC_IE4_F_IMB14_71_1.58p_T	771.3.570	250|0.7kW|1.58x6	
		Darabszám	x 6

Ventilátor nedves üzemi körülményekhez tervezve

A ventilátor paraméterei figyelembe véve a tervezés során

Ventilátor PLUG_VS_250_AF_Px 6

Teljes statikus nyomás	503 Pa	Járókerék hatékonyság: Statikus/Teljes	62 %/73 %
Dinamikus nyomás	85 Pa	Tengelyteljesítmény	0,54 kW x 6
Külső nyomás	300 Pa	Munkaponti fordulatszám	3657 1/min
Teljes nyomás	589 Pa		
Téli üzem		**Nyári üzem**	
Lészállítás	14500,00 m³/h	Lészállítás	14500,00 m³/h

Motor EC_IE4_F_71_IMB14_1.58p_0.7_50x 6

771.3.570	EC	50Hz	
		Névleges fordulatszám	4000 1/min
Üzemi feszültség	230 V/1 ph	Névleges teljesítmény	0,70 kW x 6
Ventilátor motor névleges feszültsége	230 V/1 ph/50 Hz		

EC Motor Controller

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

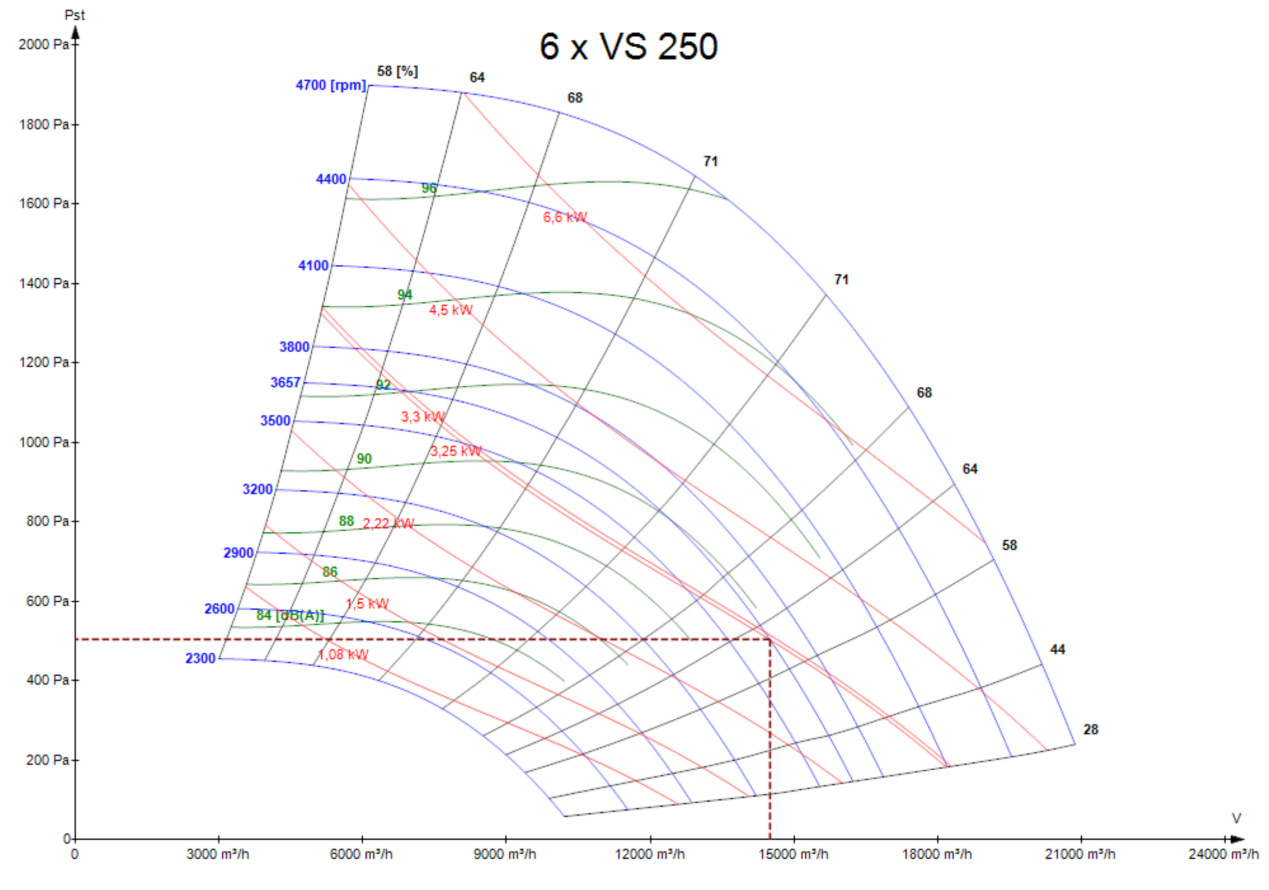
EC Controller Settings 46 Hz

Téli üzem		**Nyári üzem**	
EPC átlagosan szennyezett szűrőknél	3,76 kW	EPC átlagosan szennyezett szűrőknél	3,78 kW
EPC tiszta szűrőknél	3,61 kW	EPC tiszta szűrőknél	3,63 kW
SFP tiszta szűrőknél	0,90 kW/m³/s	SFP tiszta szűrőknél	0,90 kW/m³/s

Resp_FanSection_PowerSupply_Info_Name

C40/3

Resp_FanSection_FanGraph



VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7

Ajánlat száma **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Keverőkamra beépített PCR bypassal

Keverőkamra

Integrated

Téli üzem		**Nyári üzem**	
Visszakeverés	31 %	Visszakeverés	31 %
Befúvás belépő	0,0 °C/0 %	Befúvás belépő	0,0 °C/0 %
Elszívás belépő DBT/RH	0,0 °C/0 %	Elszívás belépő DBT/RH	0,0 °C/0 %
Befúvás kilépő DBT/RH	0,0 °C/0 %	Befúvás kilépő DBT/RH	0,0 °C/0 %
Szenzibilis hővisszanyerési teljesítmény	0,0 kW	Szenzibilis hővisszanyerési teljesítmény	0,0 kW

Resp_MixingChamber_Info_Name

Mixings

Akusztikai adatok

Hangteljesítmény szint [dB(A)]	Frekvencia	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lw [dB(A)]
Belépő	[dB(A)]	0,0	47,9	56,4	52,7	48,2	44,7	38,7	33,8	59,0
Kilépő	[dB(A)]	0,0	60,1	73,5	79,4	79,7	78,0	73,5	67,9	84,7
Lesugárzott	[dB(A)]	0,0	45,1	56,5	54,4	48,7	41,0	33,5	19,9	59,3

Hangnyomás szint a géptől 1 méter távolságban [dB(A)]	Frekvencia	63 [Hz]	125 [Hz]	250 [Hz]	500 [Hz]	1000 [Hz]	2000 [Hz]	4000 [Hz]	8000 [Hz]	Lp [dB(A)]
	[dB(A)]	0,0	34,1	45,5	43,4	37,7	30,0	22,5	8,9	48,3

Tartozékok

Befúvás **Elszívás**

Vezérlési mód: Komplett automatika

Belépő/kilépő csatlakozó méretek	Befúvás	Elszívás
Belépő levegő	Elülső 1985x973	Elülső 1985x973
Kilépő levegő	Elülső 1985x973	Elülső 1985x973
Zsalu	Befúvás	Elszívás
Belépő levegő	Igen	Nem
Kilépő levegő	Nem	Igen
Flexibilis csatlakozó	Befúvás	Elszívás
Belépő levegő	Nem	Igen
Kilépő levegő	Igen	Nem
Esővédő zsalu	Befúvás	Elszívás
Belépő levegő	Igen	Nem
Kilépő levegő	Nem	Igen

Egyéb tartozékok

Tető	Roof	1 Darabszám
	Casing Support Columns	1 Darabszám

Automatika

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

Funkció kód	AP|0|0|1|0|0|1|0|6|3|0|0|0|0|0|1
Alkalmazás kód	uPC3 (AP-240)
Fő hőmérséklet érzékelő	Duct Exhaust

HMI		**Opciók**	
		Nyomástávadó	VAV
HMI Advanced	Igen	CO2 vezérlő	Igen
HMI Basic	Igen		
Vezérlő doboz	Igen		

Zsalumozgatók

Név	Kód	Mennyiség
Zsalu mozgató 0-10 S 10Nm	ADMP.ACT.SET 0-10 S 10Nm	2
Zsalu mozgató 0-10 10Nm	ADMP.ACT.SET 0-10 10Nm	2

Hőmérsékletérzékelő

Név	Kód	Mennyiség
Outdoor temperature sensor NTC 10k	Temp. Sensor NTC10k (Outdoor)	3
NTC 10k csatornahőmérséklet-érzékelő	Temp. Sensor NTC10k (Duct)	1
Tapintó hőmérséklet-érzékelő NTC 10k	Temp. Sensor NTC10k (Strap-on)	1

Vizes hőcserélő vezérlés

Név	Kód	Mennyiség
Háromjáratú szelep	VLV.SET-3W-16	1

Transzformátorok és kapcsolók

Név	Kód	Mennyiség
Fagyvédő	FRST.SWTCH	1
Nyomástávadó VAV	PRSS.TRDC_VAV	1
CO2 érzékelő	CO2.TRDC	1

AHU Connection Box

AHU Connection Box

Rated Power	8,40 kW	Full Load Amps	34,0 A
Power Connection	3x400V AC +N+PE	Power Cord	5 x 10,00 mm²

Információ EC 1253/2014

No.	Paraméterek	Egység	Érték
1	Gyártó neve		VTS sp. z o.o.
2	A gyártó termékazonosítója		VVS150c-F-P-M-V-C-E-S
3	Nyilvántartott típus		NRVU, BVU
4	Hajtás típusa		VFD(AC) vagy Vezérlő(EC)
5	Hővisszanyerő típusa		Egyéb
6	A hővisszanyerés hatékonysága	%	84,00
7	Névleges NRVU légmennyiség		4,03 / 4,03
8	Effektív elektromos teljesítmény bemenet	kW	3,97 / 3,76
9	Belső egyedi ventilátor teljesítmény SFPint	w/m³/s	320,50 / 333,35
10	Teljes keresztmetszeti légsebesség	m/s	2,10
11	Névleges külső nyomás	Pa	300,00 / 300,00
12	A szellőző komponensek belső nyomásesése Δps, int	Pa	176,43 / 179,89

VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

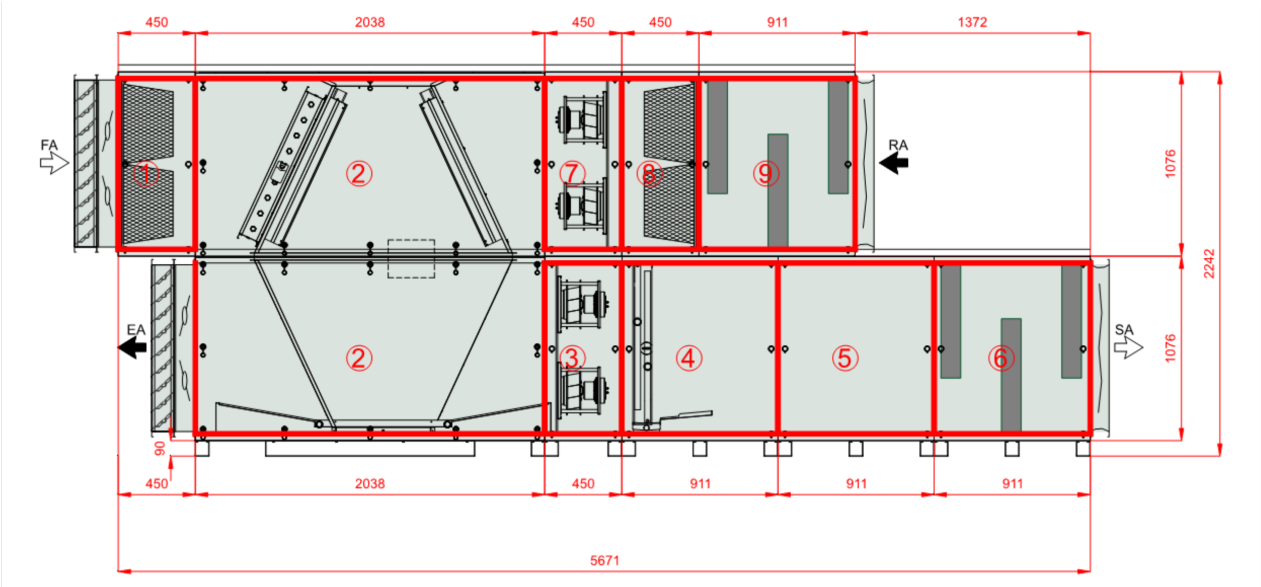
Légkezelő sorszáma 7 **Ajánlat száma** **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

13	Nem szellőző komponensek belső nyomásesése Δps,add	Pa	65,60 / 23,34
14	Regisztrált maximális szivárgási arány	%	0,01 / 0,01
15	A szűrők energiahatékonysága (bejelentett adatok a számított éves energiafogyasztásról)		Bag / G4 / - / Bag / G4 / -
16	Az NRVU-k vizuális szűrőjének figyelmeztetése		Támogatott vezérlések
17	Lesugárzott zajszint LWA	dBA	59
18	Internet cím a szétszerelési információkhoz		http://www.vtsgroup.com
19	Ecodesign megfelelősség		Igen (2018 +)

Szekciós szállítás esetén

Szállítási szekciók	Tömeg [Kg]	Hossz [mm]	Szélesség [mm]	Magasság [mm]
1	120	450	2091	1076
2	683	2038	2091	2242
3	144	450	2091	1166
4	141	911	2091	1166
5	88	911	2091	1166
6	152	911	2091	1166
7	142	450	2091	1076
8	68	450	2091	1076
9	149	911	2091	1076

Szállítási szekciók méretei

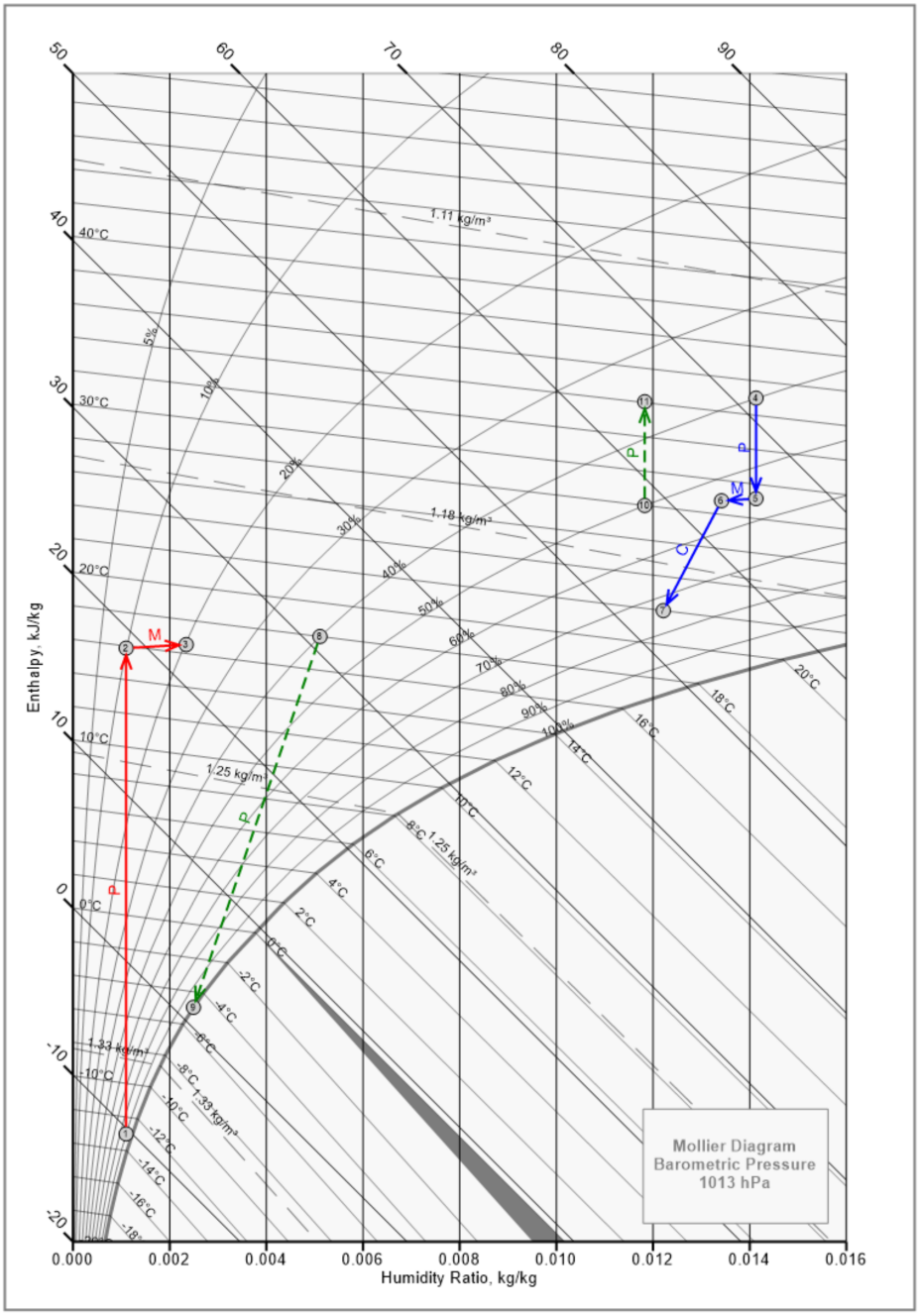


VTS Hungary Kft.
Hungária krt. 162,; 1146 Budapest; Hungary
+36-1-436-0100; +36 1 439 1636
david.gombolai@vtsgroup.com

Légkezelő sorszáma 7

Ajánlat száma **1036B/LIVE.EUR/HU/2023-23**

HxDiagram_Header



WSAN-YES 35.2 Air cooled heat pump for external installation (R32-400TN-IOM11X)

SELECTED OPERATION CONDITIONS

COOLING		SELECTED
Outdoor air temperature	°C	35.0
Return water temperature load side	°C	12.0
Leaving water temperature load side	°C	7.00
Required part load capacity	kW	999
HEATING		SELECTED
Leaving water temperature load side	°C	45.0

Outdoor air temperature	°C	-13.0
Required part load capacity	kW	999
GENERAL		SELECTED
Delta T load side loop	°C	5.00
Glycol on load loop	%	30.0
SOUND PRESSURE LEVEL AT DISTANCE		SELECTED
Distance from unit	m	1.00

PERFORMANCE DATA

COOLING		SELECTED
Cooling capacity	kW	83.2
Compressor power input	kW	26.2
Total power input	kW	28.8
EER	Nr	2.89
EER compressor	Nr	3.18
Cooling capacity (EN14511:2018)	kW	82.9
Total power input (EN14511:2018)	kW	29.3
EER (EN 14511:2018)	Nr	2.83
Compressor RPM	%	100
Water flow-rate (User Side)	l/s	4.42
Water flow-rate (User Side)	m³/h	15.9
Pressure drop load side exchanger	kPa	50.4
HEATING		SELECTED
Heating capacity	kW	54.5
Compressor power input	kW	27.2
COP	Nr	1.83

COP compressor	Nr	2.00
Heating capacity (EN14511:2018)	kW	54.6
Total power input (EN14511:2018)	kW	30.0
COP (EN 14511:2018)	Nr	1.82
Compressor RPM	%	100
Water flow-rate (User Side)	l/s	2.91
Water flow-rate (User Side)	m³/h	10.5
Pressure drop load side exchanger	kPa	22.8
NOISE LEVELS		SELECTED
Sound Pressure Level at Distance	dB(A)	67.0
STANDARD UNIT WEIGHTS		SELECTED
Shipping weight	kg	925
Operating weight	kg	1214
POWER SUPPLY		SELECTED
F.L.I. - Total	kW	41.2
F.L.A. - Total	A	62.2

THE TECHNICAL DATA ARE APPROXIMATE AND MAY BE MODIFIED BY THE MANUFACTURER WITH NO REQUIREMENT FOR ADVANCE NOTICE

TECHNICAL DATA REFER TO THE TECHNICAL BULLETIN

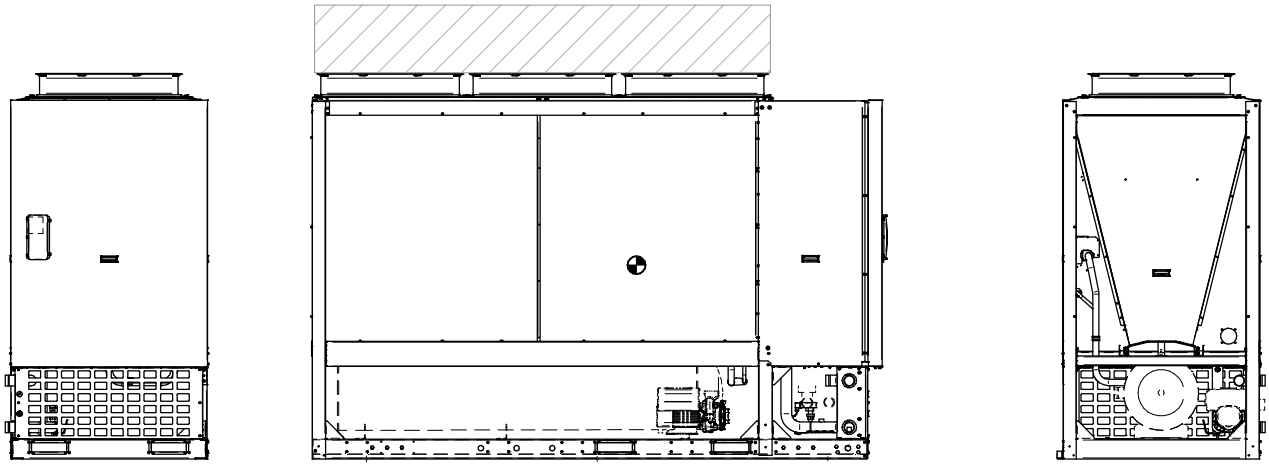
GENERAL			
REFRIGERANT CIRCUIT			
Refrigerant charge (C1)		kg	21.0
Type of refrigerant			R-32
Global Warming Potential			675
DIRECTIVE ERP (ENERGY RELATED PRODUCTS)			
COOLING			
SEER		Nr	4.50
Seasonal space cooling energy efficency (ηsc)		%	177
Rated cooling capacity		kW	-
HEATING			
SCOP W55		Nr	-
SCOP W35		Nr	4.06
Seasonal space heating energy efficiency (ηsh) W55		%	159
Seasonal space heating energy efficiency (ηsh) W35		%	159
Rated heat output W55		kW	0.000
Rated heat output W35		kW	80.0
Rated heating capacity		kW	0.000
Sound power level, outdoor		dB(A)	-
COMPRESSOR			
No. of compressors		Nr	2.00
Type of compressors			SCROLL INVERTER
EXTERNAL SECTION FANS			
Type of fans			BRUSHLESS DC MOTOR

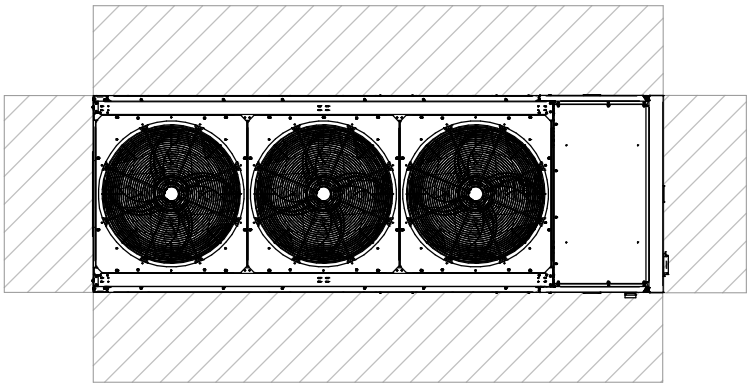
>>> EXTERNAL SECTION FANS			
Number of fans		Nr	3.00
Standard airflow		l/s	10333
Installed unit power		kW	0.900
INTERNAL EXCHANGER			
Water content		l	7.80
WATER CIRCUIT			
Max water side pressure		MPa	1.00
ELECTRICAL DATA			
POWER SUPPLY			
Standard power supply		V	380-415V 3N~ 50Hz
WEIGHT AND DIMENSIONS			
Shipping length		mm	3270
Shipping depth		mm	1210
Shipping height		mm	2160

SOUND LEVELS									
Sound power level (dB)								Sound pressure level	Sound power level
Octave band (Hz)									
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)	dB(A)
90.0	89.0	81.0	82.0	83.0	75.0	68.0	62.0	67.0	85.0

DIMENSIONAL DRAWINGS

WSAN-YES 35.2 Air cooled heat pump for external installation (R32-400TN-IOM11X)





(1)COMPRESSOR COMPARTMENT
(2)Electrical panel
(3)Unit control keypad
(4)Power input
(5)Internal exchanger water inlet
(6)internal exchanger water outlet
(7)Installation input
(OPTIONAL)
(8)Domestic hot water output
(OPTIONAL)
(9)storage tank
(OPTIONAL)
(10)FUNCTIONAL CLEARANCES

The presence of optional accessories may result in a substantial variation of the weights shown in the table.

DIMENSIONS (mm)		
A - Length	B - Width	C - Height
3220	1130	2155

WEIGHT DISTRIBUTION (Kg)					
W1 Supporting Point	W2 Supporting Point	W3 Supporting Point	W4 Supporting Point	Shipping weight	Operating weight
273	117	117	273	780	796

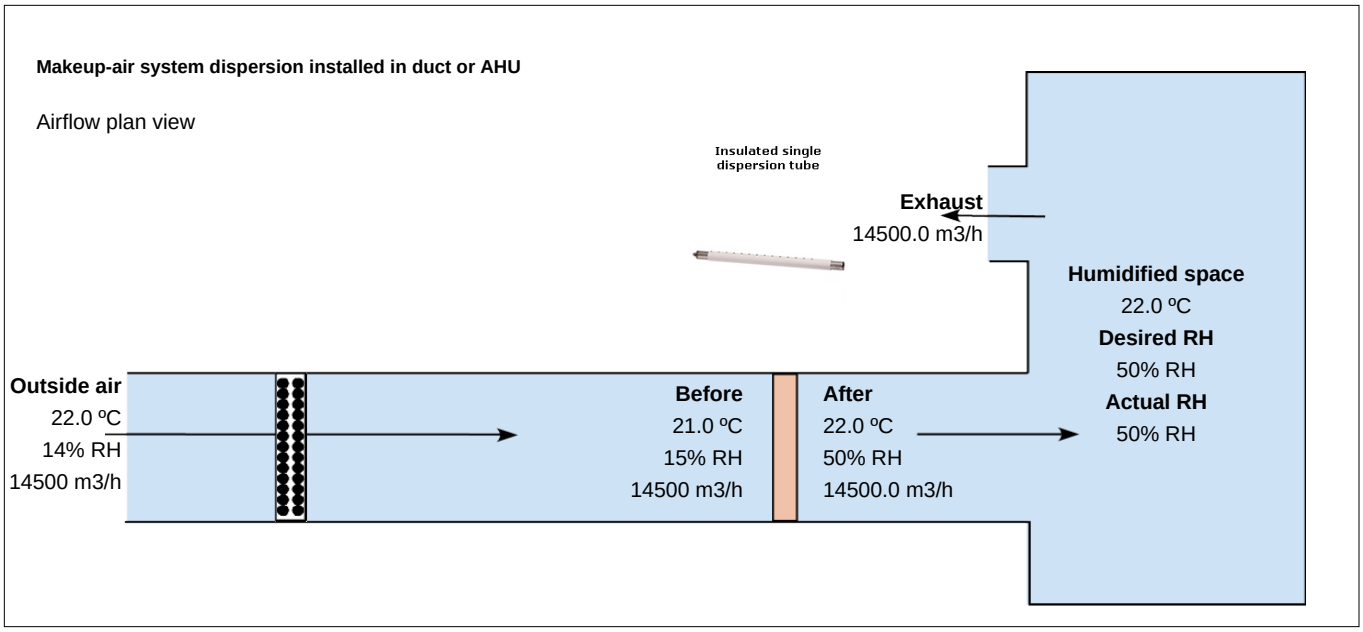
Detail Report

Report Information	
Report generated date	04-01-23
Systems/tags included in this report	AHU-01 14500

Project Information	
Project name	Vitra Factoty Szombathely
Project description	
Project ID	214066
System Location	Europe

System/tag : AHU-01 14500

System View



Load, Mechanical	
System Quantity	1
System Location	Europe
Outside air dry bulb temperature (°C)	22.0
Outside air moisture content (%RH)	14.0
Ventilation system type	Makeup-air System, Dispersion Installed In Duct Or AHU
Total air volume (m3/h)	14500.0
Outside air intake rate	Constant

Load, Mechanical continued	
Outside air intake (m3/h)	14500.0
Desired air dry bulb temperature (°C) in humidified space	22.0
Desired air moisture content (% RH) in humidified space	50.0
Actual moisture content (% RH) in humidified space	50.0
Calculated load (kg/h)	101.95
Final load(kg/h)	101.95

Detail Report

Project ID: 214066
Project name: Vitra Factoty Szombathely
System/tag : AHU-01 14500 (continued)

Application: Dispersion		
Dispersion installation location	AHU	
Available inside Duct/AHU width (mm)	2011.0	
Available inside duct/AHU height (mm)	996.0	
Header location	Inside AHU	
Trap location	Inside AHU	
Air movement	Through and around dispersion assembly perimeter not blanked off	
Airflow direction	Horizontal	
Interconnecting piping type	Insulated Piping	
Interconnecting piping distance(m)	0.0	

Steam dispersion, Single Dispersion Tube		
Unit quantity	4	
Face width (mm)	2011.0	
Face height (mm)	996.0	
Duct/AHU wall thickness (mm)	40.0	
Tube diameter (mm)	2.0	
Tube drain	No	
Tube spacing on-center (mm)	254.0	
Overall length of tube (mm)	2148 X NA X NA	
Operating & shipping weight (kg)	7.27	9.09

Dispersion-Options	
High-efficiency insulated tubes	Yes
Duct plate material	Stainless Steel

Dispersion-Performance		
Non-wetting distance (mm)	482.6	
Heat gain from assembly (°C) / steam (°C)	0.19	0.79
Load plus loss (kg/h)	103.38	
Air velocity (m/s)	2.01	
Airflow pressure drop (Pa)	0.0	

Dispersion-Control Options	
NA	

Application	
Energy source	Electricity

Application: Generation	
Water type	Potable

Supply Water Guidelines	
Chlorides	< 50 ppm
Total Hardness	< 500 ppm
pH	6.5 to 8.5
Silica	< 15 ppm
Water conductivity	350 – 1250 uS/cm
· Damage caused by chloride corrosion is not covered by your DriSteem warranty.	

Steam generation, XTP-E		
Generator model	083	
Unit quantity	1	
Unit capacity (kg/h)	113.64	
Voltage (Vac) / Phase / Hz	400/3/60	
Max amps per unit (FLA)	144	
Overall dimensions H x W x L (mm)	650 X 1006 X 340	
Operating & shipping weight (kg)	99.55	63.18

Generation-Options	
Enclosure type	Standard Indoor

Generation-Control Options		
Interoperability	Modbus	
Display mounting	Mounted Permanently	
Display cable (m)	1.5	
Display language & units	English	SI
Input signal: DriSteem	Humidity Transmitter	
Multi-tank control	NA	

Detail Report

Project ID: 214066
Project name: Vitra Factoty Szombathely
System/tag : AHU-01 14500 (continued)

Steam Connections

Dispersion		
Inlet type and diameter (mm)	Hose	DN50

Generator		
Outlet type and diameter (mm)	Hose	DN40 @ Qty 4
Steam cylinder outlet adapter	DN40 to DN50 qty 4	

Accessories

Dispersion Accessories
NA

Generator Accessories
· Fill cup extension kit : No

System Accessories

· High-limit humidistat : Electric, Modulating

· Airflow proving switch : Electric Pressure

· Humidity transmitter : Room

· Dispersion inlet adapter : DN40 X 4 To DN80 Qty 1

· Steam hose : DN50 , 3 (m), Qty 4

Detail Report

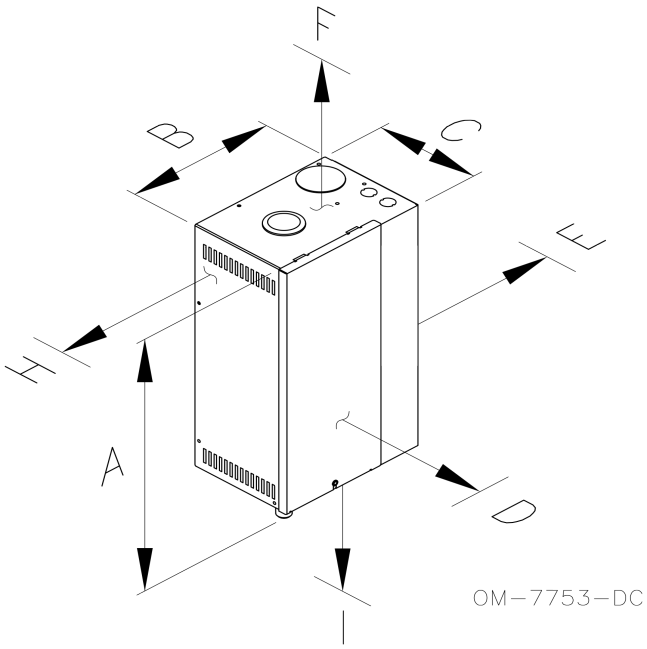
Project ID: 214066

Project name: Vitra Factoty Szombathely

System/tag AHU-01 14500

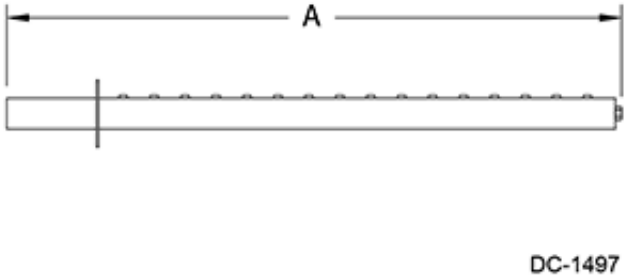
System Drawings

Steam generator dimensions and clearances



Dimensions (mm.)			Clearances (mm.)					
A	B	C	D	E	F	G	H	I
650	1006	340	914	76	406	NA	76	381

Dispersion dimensions



Dimensions (mm.)			
A	B	C	D
2148	NA	NA	NA

Haier

AIR CONDITIONING SYSTEM DESIGN REPORT

Haier Air Conditioning

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Content

Project Information 3
Air-conditioning design parameters 3
Quotation list 4
Air-conditioning system 6
P21 Kárpitozó 6

Haier

Project Information

Project Information	
Project Name	Vitra Factory
Project Location	Szombathely
Construction Area (m^2)	0
Project Consultant	
Project Designer	

Air-conditioning design parameters

Air-conditioning design parameters			
Summer	Summer atmospheric pressure	99433.48	Pa
	Summer outdoor DB	35.0	ºC
	Summer indoor DB	28.0	ºC
	Summer indoor WB	20.1	ºC
Winter	Winter atmospheric pressure	99433.48	Pa
	Winter outdoor DB	-15.0	ºC
	Winter Outdoor WB	-15.2	ºC
	Winter indoor DB	20.0	ºC
Altitude		5000	m

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Haier

Quotation list

Equipment Quotation

Model	Type	Quantity	Unit	Price ()	Subtotal ()
ODU					
AV16NMVETA	MRV5-H	2	pc	/	/
IDU					
AD382MJERAD	Common-Medium ESP Duct 20/200Pa	8	pc	/	/
Gather pipe					
HZG-20B		1	pc	/	/
Branch joint					
FQG-B335A		2	pc	/	/
FQG-B506A		4	pc	/	/
FQG-B1350A		1	pc	/	/
Wired controller					
YR-E17A		8	pc	/	/

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Haier

Installation Material Quotation

Model	Quantity	Unit	Price ()	Subtotal ()
Copper pipe				
Φ9.52	31.19	m	/	/
Φ12.7	14.67	m	/	/
Φ15.88	51.79	m	/	/
Φ19.05	22.27	m	/	/
Φ22.22	5.96	m	/	/
Φ28.58	8.71	m	/	/
Φ31.8	42.87	m	/	/
Refrigerant				
R410A	13.9	kg	/	/
		Total		0

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Haier

Air-conditioning system

P21 Kárpitozó

System Information			
Total room numbers	1	Air conditioning area (m^2)	0
ODU model	AV32NMVETA	IDU quantity	8
Rated cooling capacity (kW)	90	Rated heating capacity (kW)	90
Corrected cooling capacity (kW)	92.7	Corrected heating capacity (kW)	70.3
Actual cooling capacity (kW)	88.5	Actual heating capacity (kW)	69.1
Rated cooling power input (kW)	26.47	Rated heating power input (kW)	21.84
Actual cooling power (kW)	27.27	Actual heating power (kW)	25.89
Combination ratio	100%	Actual combination ratio (%)	103%
System cooling EER(W/W)	3.17	System heating COP(W/W)	2.61
*Additional refrigerant charge (kg)	13.90	Own refrigerant (kg)	20

**The above data is for reference only, the actual additional refrigeration weight depends on the actual pipe length.*

Indoor Unit List

Floor	Room	Room area (m^2)	Room cooling/heating load (kW)	IDU Model	Quantity
	Csarnok	0	0/0	AD382MJERAD	8

Floor	Room	IDU Model	Cooling capacity (rated / corrected / actual) (kW)	Sensible cooling capacity (rated / corrected / actual) (kW)	Heating capacity (rated / corrected / actual) (kW)	Control	Panel
	Csarnok	AD382MJERAD	11.2/11.4/11.06	8.3/8.6/8.35	13/8.2/8.2	YR-E17A	

Outdoor Unit Parameters

ODU model	Cooling/heating capacity (kW)	Cooling/heating power (kW)	Quantity	EER/COP	Pipe size (mm)	Own refrigerant (kg)
AV32NMVETA						

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

AV16NMVETA	45/45	13.235/10.922	2	3.4/4.12	28.58,12.7	10

ODU model	Power	MCA (A)	MFA (A)	Weight (kg)	Noise (dB (A))	Outer dimension (HxWxD) (mm)
AV32NMVETA						
AV16NMVETA	380~415V , 3P,50/60Hz	34.5	50	255	88	1690x980x750

Indoor Unit Parameters

IDU Model	Type	Cooling/heating capacity (kW)	Rated power input (kW)	Air volume (m^3/h)	Static pressure (Pa)
AD382MJERAD		11.2/13	0.08	2000/1700/1400	200/20

IDU Model	Power	MCA (A)	MFA (A)	Weight (kg)	Noise (dB(A))	Outer dimension (HxWxD) (mm)
AD382MJERAD	220~240V , 1P,50/60Hz	2	6.3	48.3	32	248x1500x700

Dip Switch

Outdoor dip switch

The BM1-1 & BM1-2 of Master unit should be set 0 (off position) before power on, after locking the quantity of indoor and outdoor units theDIP setting should be as below list.

ODU module parameter	BM1	BM2	BM3	BM4	BM5
AV16NMVETA	00000000	00000000	00000101	00000000	xxxxxxxx
AV16NMVETA	00000001	00000000	00000101	00000000	xxxxxxxx

IDU dip switch

Model	SW01	SW02/CN41-44	SW03	SW07	SW08
AD382MJERAD	00001010	/	10000000	/	1111
AD382MJERAD	00001010	/	10000001	/	1111
AD382MJERAD	00001010	/	10000010	/	1111
AD382MJERAD	00001010	/	10000011	/	1111
AD382MJERAD	00001010	/	10000100	/	1111
AD382MJERAD	00001010	/	10000101	/	1111

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

AD382MJERAD	00001010	/	10000110	/	1111
AD382MJERAD	00001010	/	10000111	/	1111

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

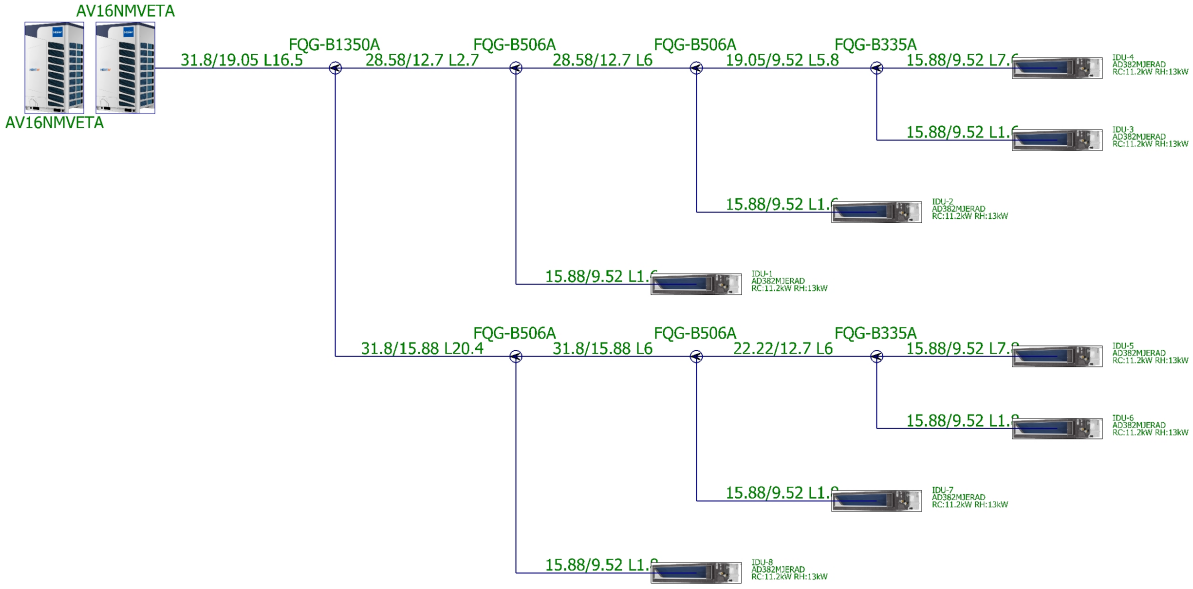
Haier

Refrigerant drawing

Note:
All piping diameters and piping schematics are for reference only. Accurate piping diagrams, including correct piping diameters, verification of pipe-length-rule requirements, and additional refrigerant charge calculations cannot be determined until accurate piping lengths are entered manually by the user one by one, or automatically by layout scale reference setup.

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Piping schema drawing



Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.

Haier

Haier Air Conditioning Professional Healthy Air Solutions Provider

4.0 build20220909 Update build 20220909

2023-04-19

Only the data published in the official documents is exactly correct. All the data used in this program is just for your information.